ÜBER

DIE ANLAGE SEITLICHER ORGANE BEI DEN PFLANZEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT ROSTOCK

VORGELEGT

VON

G. KARSTEN

AUS ROSTOCK.

MIT DREI TAFELN.

LEIPZIG

WILHELM ENGELMANN

1886.

Referent: Dr. F. Oltmanns.

Durch die bekannten Sachs'schen Publikationen »über die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzenteilen« und »über Zellanordnung und Wachstum«[1]) schien das Studium des Scheitelwachstums in völlig neue Bahnen gelenkt. Während man sich bisher mit der blossen Beschreibung der thatsächlichen Wachstumsverhältnisse in der Pflanzenwelt begnügen musste, erlaubt das dort[2]) aufgestellte und begründete »Princip der rechtwinkeligen Schneidung«, eine Erklärung jener Vorgänge zu versuchen. Ein überraschender Erfolg, dessen Bedeutung Sachs selber am Schlusse seiner zweiten Arbeit folgendermassen zusammenfasst[3]): »Legt man das Gesammtwachstum eines Organs als eine (wenn auch unerklärte) Thatsache zu Grunde, so lässt sich die Reihe der weiteren Vorgänge auf eine Causalkette zurückführen, in der Weise, dass die Teilungen (bei cellulären Pflanzen), als durch das Wachstum veranlasst, dem Princip der rechtwinkeligen Schneidung gehorchend auftreten; dass ebenso die Bildung, Wachstum, Untergang und Neubildung von Vegetationspunkten als Folgen der Verteilung des Wachstums sich darstellen.«

Diesen völlig neuen Anschauungen gegenüber durfte sich die ältere, von Nägeli begründete Theorie des Scheitelzellwachstums (durch die Segmentirung einer einzigen Zelle) nicht schweigsam verhalten, wenn nicht dadurch zugleich die Superiorität der Sachs'schen Theorie anerkannt werden sollte[4]). Die einzige Möglichkeit nun, die Sachs'schen Argumente zu entkräften, war eben der Nachweis einer das Wachstum beherrschenden

---

1) Arbeiten d. bot. Instituts Würzburg. II, 1. pg. 46 ff. u. II, 2. pg. 185 ff.

2) l. c. pg. 48 ff.

3) l. c. pg. 208.

4) Die Hanstein'sche Meristemtheorie (Hanstein, Die Scheitelzellgruppe im Vegetationsp. der Phanerogamen, Bonn 1868) ist hier zunächst unberücksichtigt geblieben, da dieselbe nicht in direktem Gegensatze zur Sachs'schen Theorie steht und auch nur für die Phanerogamen in Frage kommt. Vgl. dazu den Schluss. Die Bezeichnungen Plerom, Periblem, Dermatogen werden jedoch im folgenden bequemlichkeitshalber gebraucht werden.

Scheitelzelle in jedem einzelnen Falle, und es erschienen denn auch mehrere Arbeiten, die sich die Aufgabe gestellt hatten, eine solche speciell bei den Gymnospermen und Angiospermen nachzuweisen. Es sind dies die Publikationen von H. Dingler, Ueber das Scheitelwachstum des Gymnospermenstammes, München 1882, und P. Korschelt[1]), Zur Frage über das Scheitelwachstum bei den Phanerogamen, Leipzig 1883.

Ausserdem sind hier, — von kleineren Publikationen, die gelegentlich berührt werden sollen, abgesehen, — zwei Arbeiten zu erwähnen, die eine mehr vermittelnde Stellung zu beiden Theorien einzunehmen suchen: Haberlandt, Ueber Scheitelzellwachstum bei den Phanerogamen, und Schwendener[2]), Ueber das Scheitelwachstum der Phanerogamenwurzeln; letztere Arbeit steht auf dem Standpunkte der früheren Publikation desselben Verfassers: Ueber die durch Wachstum bedingte Verschiebung kleinster Teilchen in trajectorischen Curven.[3])

Zweck dieser vorliegenden Arbeit ist es nun, mit Rücksicht auf die beiden sich gegenüberstehenden Anschauungsweisen von Sachs und Nägeli, eine zusammenhängende Darstellung zu geben von der Anlage seitlicher Organe, insbesondere der Nebenwurzeln und der Blätter.

Zunächst möge es jedoch gestattet sein, einige Bemerkungen über die Arbeiten Dingler's und Korschelt's vorauszuschicken.[4])

Eine Eigentümlichkeit der Untersuchungsart, die beiden gemeinsam ist, möge zuerst hervorgehoben sein, diejenige, dass Längsschnitte, bei den Untersuchungen der Vegetationspunkte auf eine Scheitelzelle hin, in völlig unzureichendem Masse zur Verwendung kommen. Es ist recht bezeichnend, wie dieser Umstand bei Dingler[5]) motiviert wird: »Was die Längsschnitte anbelangt, so ist zu bemerken, dass auf ihnen im allgemeinen sehr wenig zu sehen ist.« Es werden hauptsächlich Oberflächenansichten als Beweismittel benutzt und zwar derartig, dass z. B. von den 24 Figuren der Korschelt'schen Arbeit 17 Oberflächenbilder sind. Dem gegenüber ist energisch zu betonen, dass Oberflächenansichten für sich allein nur in den allerseltensten Fällen als Beweis für das Vorhandensein einer Scheitelzelle gelten können. Denn, ganz abgesehen davon, ob die Deutung des Bildes

---

1) Jahrbücher für wissenschftl. Botanik. XV, pg. 642 ff.

2) Sep.-Abdr. aus den Sitzungsberichten der Kgl. Akademie der Wissenschaften. Berlin 1882 (pg. d. S.-A.).

3) Sitzungsber. d. Kg. Akademie d. W., Berlin 1880, pg. 408 ff.

4) Eine Kritik der Dingler'schen Arbeit erschien bisher nicht. Zu der Korschelt'schen Arbeit ist zu vergleichen das Referat Dingler's in d. Bot. Ztg. 1883, pg. 379 ff.

Nachträgliche Bemerkung:

Inzwischen (20. Nov. 1883) erschien in den Berichten d. Deutschen Bot. Gesellschaft eine Publikation von Percy Groom: Ueber den Vegetationspunkt der Phanerogamen, welche eine Kritik beider Arbeiten auf Grund eigener Untersuchung enthält.

5) l. c. pg. 29.

richtig oder auch nur zulässig ist, bleibt stets der Einwand unwiderlegt, dass die betreffende Zelle nur dem Dermatogen als Initiale angehören kann, ein Einwand, der durch die tetraedrisch zugespitzte Form der Zelle nicht entkräftet wird, da eine jede Dermatogenzelle ebensowohl tetraedrisch oder dreiseitig sein kann. Es wäre vielmehr zu beherzigen gewesen, was Pringsheim in seiner bekannten Schrift über die Utricularien sagt[1]: »Die Annahme einer Scheitelzelle hat offenbar nur einen Sinn durch den Nachweis der besonderen gesetzmässigen Zellfolge, in welcher das Gewebe unter ihr aus ihren Teilungen hervorgeht.« Wie aber will man auf Oberflächenansichten »das Gewebe unter ihr« erkennen können?

Auf eine weitere, eingehende Kritik der Korschelt'schen Arbeit glaube ich an dieser Stelle um so eher verzichten zu dürfen, als einerseits seine Gymnospermen- und ein Teil seiner Angiospermen-Scheitel-Untersuchungen im Verlaufe meiner Arbeit zur Erörterung gelangen werden, während andererseits die Arbeit Korschelt's nur eine Vervollständigung der Dingler'schen sein will.[2])

Die umfangreiche Dingler'sche Arbeit giebt zunächst eine recht ausgedehnte Besprechung der ganzen Scheitelzell-Litteratur im allgemeinen und der auf das Scheitelwachstum der Gymnospermen bezughabenden insbesondere. Eine völlige Unparteilichkeit vermisst man hier leider, ein Umstand, der sich in den Auslassungen gegen die Hanstein'sche Meristemtheorie[3]) besonders bemerkbar macht und ein unbefangenes Urteil verhindert. Dieselbe wird von vorneherein eine »auf Abwege führende« und »irreleitende« genannt, ohne dass wesentlich neues Beweismaterial gegen sie vorgebracht würde.

Trotz solcher Voreingenommenheit aber darf wohl die Litteratur-Zusammenstellung an und für sich bleibendes Interesse beanspruchen. Es folgt der zweite Abschnitt, in welchem die »Eigenen Untersuchungen« enthalten sind; eine Besprechung derselben wird sich passender in die Darstellung selbst einfügen lassen.

Der dritte und letzte Abschnitt ist allein der »Sachs'schen Theorie« gewidmet. Die Gründe für diese Absonderung mögen sehr triftige gewesen sein, doch hätte wohl erwartet werden dürfen, die Richtigkeit der Theorie an den bei den »Eigenen Untersuchungen« zu Tage geförderten Thatsachen geprüft zu sehen. Statt dessen finden wir »allgemein gehaltene Betrachtungen«, und es wird ausdrücklich hinzugefügt, dass der Verfasser gar nicht beabsichtige, »eine eingehende Widerlegung der Sachs'schen Theorie zu schreiben.«[4]) Diese allgemeinen Betrachtungen nun (nehmen einen

---

1) Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften, 1869, pg. 114.
2) cf. l. c. pg. 646.
3) l. c. pg. 8 f. und pg. 16 ff.
4) l. c. pg. 51.

Umfang von rund dreissig Seiten ein und) erheben sich grossenteils in die Region des Undiscutierbaren dadurch, dass stets die persönliche »Ueberzeugung von der Richtigkeit der Nägeli'schen Ansicht« vom Verfasser in's Gefecht geführt wird.[1]) Wenn ferner diese Ueberzeugung wiederum durch »die eben nicht wegzuleugnende Existenz der sogenannten Scheitelzelle selbst«[2]) bewiesen werden soll, so scheint sich der Verfasser unbemerkt im Kreise zu drehen und zu übersehen, dass für ihn gerade diese dennoch geleugnete »Existenz der sogenannten Scheitelzelle« das zu Beweisende war. Auf die im Verlaufe dieser »Betrachtungen« zahlreich eingeflochtenen Bemerkungen über Blattscheitelzellen, über »angeblich schwankende« Gestalt und Zahl der Scheitelzelle ist in der Folge zurückzukommen, so dass ich hier nicht vorzugreifen brauche. Im übrigen ist zu erwähnen, dass, wennschon die von Dingler vertretenen Anschauungen sich kaum die allgemeine Gültigkeit erringen dürften[3]), es doch von Interesse ist, der Darstellung und der häufig geschickten Beweisführung zu folgen.

Es dürfte sich empfehlen, die im folgenden anzuwendende Nomenclatur, mit Rücksicht auf die von Sachs in seinen bekannten Arbeiten eingeführten Bezeichnungen, festzustellen.

Sachs[4]) unterscheidet: »bei Meristemkörpern mit geschichtetem Bau, d. h. mit vollständig entwickelten Periklinen — vorwiegend zwei typische Formen von Zellwandnetzen:

1. Solche, wo sämmtliche Schichten gegen die gemeinsame Symmetrieachse hin, von der sie rechtwinkelig geschnitten werden, an Dicke abnehmen —; und
2. solche, wo umgekehrt alle Schichten nach der gemeinsamen Wachstumsachse hin an Dicke zunehmen.«

Sachs bezeichnete in seiner ersten Arbeit[5]), von der Betrachtung der Kegelschnitte ausgehend, die erste Form als »confocalen« Bau, die zweite als »coaxialen« Bau; in der zweiten Arbeit[6]) werden die Ausdrücke »gewöhnliche Schichtung« für den ersten Typus und »Kappenschichtung« für den zweiten eingeführt. Es ist leicht einzusehen, dass sämmtliche Bezeichnungen sich auf das Verhalten der Periklinen zu einander und zur Peripherie beziehen. In den meisten Fällen werden diese Bezeichnungen auch sicherlich genügen. Den Fall der »Kappenschichtung« jedoch, der dem allge-

---

1) l. c. pg. 52.

2) ibidem.

3) Vergl. z. B. den Satz: »Es ist kaum ein Zweifel, dass das phanerogame Blatt einen umgewandelten Spross darstellt,« im erwähnten Referate Dingler's, Bot. Ztg. 1885, pg. 383.

4) l. c. pg. 201.

5) l. c. pg. 65 f.

6) l. c. pg. 202.

meinen Eindrucke gemäss, weniger die Periklinen hervortreten lässt, als vielmehr die Antiklinen, den Fall, welchen Sachs selbst [1]) mit den »Strahlen eines Springbrunnens« vergleicht, oder als »fächerartig ausstrahlend«[2]) bezeichnet, möchte ich besonders hervorheben und mit dem Ausdruck: ausstrahlend oder divergent fixieren. Demnach wird im folgenden unterschieden werden:

1. Die gewöhnliche Schichtung oder confocaler Bau.
2. Die Kappenschichtung oder coaxialer Bau, und als Specialfall davon:
3. Die divergente oder ausstrahlende Zellanordnung.[3])

Die Untersuchungsmethode war folgende: Querschnitte, rechtwinkelig zur Achse der Mutterwurzel geführt, gestatteten die Untersuchung der Nebenwurzelanlagen. Längsschnitte durch die Mutterwurzel wurden nur bei schiefwinkelig orientierten Nebenwurzelanlagen verwandt. Zur Untersuchung der Blattanlagen und Sprossvegetationspunkte wurden mediane Längsschnitte, für erstere auch Querschnitte, rechtwinkelig zur Sprossachse geführt, benutzt.[4]) Daneben sind natürlich Oberflächenansichten zur Kontrolle unentbehrlich. Alle Schnitte wurden aus freier Hand gemacht.[5]) Eine völlig zuverlässige Kontrolle der Medianität ist es, alle Schnitte durch je einen Vegetationspunkt zusammen auf dem Objektträger zu untersuchen; man wird stets im stande sein, den einen (höchstens die beiden) medianen herauszufinden.

Zur Aufhellung wurde neben der bekannten Kali-Methode (Kalilauge, Alkohol, Glycerin) das neuerdings von Dr. F. Noll [6]) empfohlene eau de javelle mit Vorteil benutzt. Zuweilen gelang es mir auch durch das Dingler'sche Verfahren, klare Bilder zu erzielen.[7]) Dieses besteht darin, die betreffenden Schnitte mehrere Tage nur in Wasser in feuchter Kammer aufzubewahren, bis der »trübe Zellinhalt durch beginnende Maceration hell ge-

---

1) l. c. pg. 66.

2) l. c. pg. 191.

3) Für den ersten Fall ist ein solcher Specialfall nicht zu unterscheiden, da man sich leicht überzeugen wird, dass confocaler Bau der Periklinen einen solchen der Antiklinen einschliesst, cf. Sachs, l. c. pg. 64.

4) Als Längsschnitt durch ein Blatt wird im folgenden derjenige Schnitt bezeichnet werden, welcher parallel der Längsachse geführt, die grösste Flächenausdehnung des Blattes rechtwinkelig schneidet, während der Schnitt parallel, sowohl zur Längsachse, wie zur grössten Flächenausdehnung geführt, als Flächenschnitt bezeichnet werden soll. ¦ Es bilden somit der Längsschnitt und der Flächenschnitt durch ein Blatt einen rechten Winkel miteinander.

5) Zu der Bemerkung Dingler's l. c. pg. 67: Ohne Zuhilfenahme mechanischer Hilfsmittel zum Schneiden sei gar keine sichere Herstellung eines beweisenden Medianschnittes möglich, ist zu vergleichen: Nägeli u. Schwendener, Mikroskop, 1867. § 234, pg. 264.

6) Bot. Centralblatt, XXI, 12, 1885.

7) l. c. pg. 28. 29.

worden ist«. Der Behandlung mit Kalilauge scheint Dingler dagegen grosses Misstrauen entgegenzubringen, denn er sagt: er »habe niemals bei vorgängiger Einwirkung dieses Reagens die Scheitelzelle mehr finden können«!?

I. Die Anlage der Nebenwurzeln.

Durch eine Reihe zum Teil sehr sorgfältiger Arbeiten[1]) dürften die anatomischen Verhältnisse der Wurzelvegetationspunkte und der Nebenwurzelanlagen, im grossen und ganzen festgestellt sein. Die bekannten Wurzeltypen Janczewski's[2]), die das Hauptresultat der Gesammtheit dieser Arbeiten repräsentieren, schliessen das Vorhandensein einer, das Wachstum beherrschenden Scheitelzelle bei den Wurzeln der Phanerogamen völlig aus. (Ueber Heleocharis, Oryza, etc. vergl. später.)

Demnach wird es sich hier nur darum handeln können, zu prüfen, ob die Sachs'sche Theorie in diesem gegebenen Falle der Nebenwurzelanlage das zu leisten im stande ist, was sie verheisst, ob sie geeignet ist, die allgemein bekannten Thatsachen auf eine »Causalkette« zurückzuführen.

1. Zea Mays.

Es entwickelt sich die Nebenwurzelanlage bei Zea[3]) durch das Auswachsen einer Gruppe von pericambialen Zellen zu Zellreihen, die rechtwinkelig zur Längsachse der Mutterwurzel stehen, und welche zunächst noch von der mitwachsenden Endodermis umhüllt bleiben. (Taf. I, Fig. 1—3 e. p.) Diese Zellreihen wachsen selbständig nebeneinander (Fig. 2 u. 3), werden aber von einem einheitlichen Gesammtwachstum[4]) beherrscht,

---

1) Nägeli u. Leitgeb, Entstehung u. Wachst. d. Wurzeln. Beiträge zur wiss. Bot., 4, pg. 73, 1868.

Reinke, Untersuchungen über Wachstumsgesch. u. Morphologie d. Phanerogamenwurzeln. Bot. Abhandlg. v. Hanstein, 3, 1871.

Janczewski, Recherches sur l'accroissement terminal des racines dans les phanérogames, Annales des sciences nat. XX, 5. sér., pg. 162, 1874, und Recherches sur le développement des radicelles dans les Phanérogames, Annales des sciences nat. XX, 5. sér., pg. 208, 1874.

Erikson, Ueber das Urmeristem der Dicotylen-Wurzeln, in den Jahrbüchern für wissenschaftl. Botanik XI. pg. 380, 1878.

2) cf. de Bary, Vergleichende Anatomie, 1877, pg. 10 ff.

3) Zu diesen durchweg auf eigenen Untersuchungen ruhenden Ausführungen ist zu vergleichen: Janczewski, 2. Abhandlung, l. c.

4) cf. Sachs, l. c. pg. 206, Anm.

derart, dass die mittelsten Zellreihen den stärksten Zuwachs besitzen, während die Wachstumsintensität von der Mitte aus nach allen Seiten hin allmählich und gleichmässig abnimmt. Es folgt, dass die Oberfläche dieses jungen Gewebes derjenigen eines Kugelsegmentes oder eines sehr flach gewölbten Kegels ähneln muss. Soll nun das Princip der rechtwinkeligen Schneidung zutreffen, so müssen die Längswände innerhalb dieses (durchaus undifferenzierten) Meristems, gebildet von den Längswänden der Zellreihen, eine Krümmung ausführen, sie müssen sich in eine Curve biegen, die an die Kugel- (Kegel-) Oberfläche in einem rechten Winkel ansetzt.[1]) In der That findet man dies bestätigt. Fig. 2—4 zeigen ganz deutlich, wie die Curven der Zellreihen (p) allmählich zu stande kommen; es ist hier offenbar jener »springbrunnförmige«, »fächerartigausstrahlende« Bau vorhanden, welcher als »divergente Zellanordnung« bezeichnet wurde. Die Periklinen treten, da sie im allgemeinen keine einheitlich durchgehenden Wände besitzen, in der Erscheinung zurück, und es dürfte damit zu rechtfertigen sein, dass von den Antiklinen die Bezeichnung dieser häufig wiederkehrenden Zellanordnung hergenommen ist. Jetzt tritt die Frage in den Vordergrund: wie entwickelt sich aus dieser durchaus gleichartig meristematischen, divergent angeordneten Wurzelanlage die reguläre Nebenwurzel mit wohl differenzierten Meristemen und mit der »gewöhnlichen Schichtung«?

Bei fortschreitendem Längenwachstum der ganzen Wurzelanlage geht ihre Form aus einem Kugelsegment über in diejenige eines cylindrisch gestreckten Organs; d. h. die Seitenwände werden steiler, und die rechtwinkelig darauf treffenden Längswände müssen dem entsprechend eine grössere Krümmung annehmen. (Taf. I, Fig. 4 und Janczewski, l. c. Taf. 18, Fig. 5.) Wenn sich jedoch diese Längswände um vielleicht 45° im Durchschnitt von ihrer ursprünglichen Wachstumsrichtung weggekrümmt haben, so tritt an der Stelle, wo die Krümmung am schärfsten war, eine durchgehende Trennung innerhalb der Zellreihen auf. Eine Perikline scheidet den inneren Gewebekörper, das Plerom, von dem äusseren Periblem ab (Fig. 4 u. 5). Kleine, rasch zunehmende Verschiebungen der genetisch zusammengehörenden Reihen gegeneinander lassen diesen Bruch äusserlich hervortreten, der sich im übrigen durch die gänzlich veränderte Wachstumsweise dokumentiert (Fig. 5. 6). Das Plerom (pl) behält das selbständige Wachstum der Zellreihen bei. Es bildet später einen cylindrischen Körper (pl), der mit breiterer Basis (Fig. 5. 6) an die Gefässe der Mutterwurzel anschliesst. Somit müssen die äussersten Zellreihen des Pleroms ihr Wachstum einstellen (z. Fig. 5. 6), da sie einfach in den Cylinder nicht

---

1) Hier möge zunächst unberücksichtigt bleiben, was Sachs l. c. pg. 49 u. 193 als »Abänderung der typisch rechtwinkeligen« Schneidung bezeichnet und auf zu geringe Konvexität gegen die Achse des stärksten Zuwachses zurückgeführt hat.

mehr hineinpassen. Die Divergenz verschwindet im Plerom, da die übrigbleibenden Zellreihen durchweg gleichstarkes Wachstum besitzen.

Das Periblem (pb) besteht aus den abgetrennten Enden der ursprünglichen Zellreihen. Die früheren Längswände jener Reihen bilden jetzt antikline Curven, die sowohl an die Aussenseite des Pleromcylinders wie an die Innenseite der Dermatogenschicht in einem rechten Winkel ansetzen (Fig. 5. 6 r). Diese antiklinen Schichten werden auf bekannte Weise[1]) durch die sich allseitig antiklin teilenden Dermatogen-Periblem-Initialen vermehrt (i. d. u. pb.). Wird auf diese Weise das Längenwachstum des Periblems gefördert, so treten gleichzeitig innerhalb der einzelnen antiklinen Schichten und rechtwinkelig zu den einzelnen Antiklinen selbst, perikline Wände auf, die sich, da die einzelnen Antiklinen in verschiedenem Grade die Krümmung mitgemacht haben (Fig. 4 p., Fig. 5. 6 r), notwendigerweise in die allbekannten Curven ordnen müssen. (Fig. 4. 5. 6 prk.) — Das Dermatogen fügt sich dem Periblem in seiner Curvenanordnung völlig an; ebenso ist das Calyptrogen hier nicht berücksichtigt, da es vorläufig keine wesentlich neuen Gesichtspunkte zu bieten schien.[2])

Zur Veranschaulichung des ganzen Vorganges mögen die drei Schemata (Fig. 7—9, Taf. I) dienen. Fig. 7 soll zunächst das Auswachsen der Pericambiumzellen (p) zu divergenten Zellreihen illustrieren. Fig. 8 zeigt ein etwas älteres Stadium, welches der Fig. 4 ungefähr entsprechen wird. Die Krümmung der Curven ist eine sehr scharfe geworden und wird den Höhepunkt bald erreicht haben; es bilden z. B. die beiden äussersten Zellreihen x und y schon beinahe einen rechten Winkel zu ihrer ursprünglichen Wachstumsrichtung. Doch ist eine wirkliche Differenzierung, wie die punktierte Linie prk sie andeuten soll, noch nicht eingetreten. In Fig. 9 dagegen ist dieselbe gerade vollendet; das Gesetz der rechtwinkeligen Schneidung findet in dem Verhalten jeder einzelnen Zellreihe seine Bestätigung, ja man sieht, wie sich unter seinem Einfluss die Zellreihen sogar gegen die vor kurzem erst gebildete Trennungs-Perikline rechtwinkelig gestellt haben, so dass die Hauptkrümmung der Zellwände jetzt im Plerom liegt. An diese Krümmung setzen sich im Plerom dann Antikline-Wände (bei a) an und vervollständigen so das Antiklinennetz, welches durch die abgetrennten Enden der primären Zellreihen im Periblem gebildet ist (s—z). Die Querwände innerhalb der Zellreihen sind überall fortgelassen, um nicht die Uebersicht zu erschweren. Dagegen sind in Fig. 9 auf der rechten Seite einige Periklinen eingetragen (prk). Man sieht sehr deutlich, wie das Bestreben, auf jede einzelne der Antiklinen (s—z) in einem rechten Winkel zu treffen, diese Linien zwingt, so eigentümliche Curven zu beschreiben, welche ohne diese Ursache als ganz unmotiviert erscheinen müssten. —

---

1) cf. Janczewski l. c.

2) cf. Janczewski l. c. pg. 216 ff. u. Sachs l. c. pg. 85.

2. Sonstige Gramineen.

Einige Mitteilungen über die Anlage der Nebenwurzeln bei den verschiedensten Familien, zum Teil auf fremden Arbeiten basierend, mögen hier folgen.

Von Gramineen selbst wurde noch untersucht Phragmites communis (Taf. I, Fig. 10. 11). Es ergab sich vollständige Uebereinstimmung mit Zea. Die erste Anlage der Nebenwurzel, das Auswachsen der pericambialen Zellen (p) zu Zellreihen erhellt ohne weiteres aus Fig. 10. Zu beachten wären nur die frühzeitigen Teilungen innerhalb der Endodermis (bei e). Sobald durch die grössere Wachstumsintensität der mittleren Zellreihen ein Kugelsegment-ähnlicher Gewebehöcker sich gebildet hat, beginnt die Divergenz sich geltend zu machen. Die Fig. 11 stellt einen jedenfalls nahezu medianen Schnitt dar durch eine Nebenwurzelanlage, welche gerade im Begriff ist, einen Pleromcylinder (pl) zu differenzieren. Die Zusammengehörigkeit der einzelnen divergenten Zellreihen (x y z) ist sehr deutlich, doch haben sich die Periblem-Dermatogen-Initialen schon konstituiert (i. d. u. pb.) und es würde in kurzer Zeit die gewöhnliche Schichtung eintreten, worauf schon kleine Verschiebungen der genetisch zusammengehörigen Zellreihen hindeuten.

Ebenso wie die übrigen Gramineen verhält sich auch Oryza sativa. Die von Nägeli[1]) vertretene Ansicht, dass Oryza mittels einer Scheitelzelle das Wachstum seiner Wurzeln bewerkstellige, ist wohl lediglich auf die sehr geringe Anzahl der hier vorhandenen divergenten Zellreihen zurückzuführen und wurde schon von Göbel[2]) eingehend widerlegt.

3. Heleocharis palustris.

Von Cyperaceen wurde Heleocharis palustris untersucht, und zwar sowohl in Bezug auf die Anlage der Nebenwurzeln als auch auf den Bau des Hauptwurzel-Vegetationspunktes (Taf. I, Fig. 12—14). Es musste von besonderem Interesse sein, die Wurzeln dieser Pflanze zu untersuchen, lagen doch von Nägeli[3]) wie von Schwendener[4]) Angaben vor, denen zufolge hier eine wirkliche Scheitelzelle vorhanden sein sollte. Doch musste es eigentümlich erscheinen, dass sich Heleocharis so abweichend von allen übrigen Monocotylen verhalten sollte, und in der That, nach längerem,

---

1) Nägeli und Leitgeb, l. c. pg. 141 ff.

2) Vergleichende Entwickelungsgeschichte der Pflanzenorgane. Schenk, Handbuch der Bot., III, 1, pg. 351 f.

3) cf. Nägeli, Sitzungsbericht der 50. Versammlung Deutscher Naturforscher zu München 1877, in Bot. Ztg. 1878, pg. 124 f.

4) Schwendener, Ueber d. Scheitelwachst. der Phanerogamenwurzeln, l. c. pg. 12 ff., mit Zeichnungen Westermaier's.

gründlichem Studium des Wurzelscheitels von Heleocharis, kann ich diese Angaben nicht bestätigen. Fig. 12 und 13 stellen mediane Längsschnitte durch Anlagen von Nebenwurzeln dar, Fig. 14 einen solchen durch eine Hauptwurzel von Heleocharis.

Fig. 12 zeigt nun deutlich die divergente Zellanordnung in den noch von der Endodermis (e) umhüllten Zellreihen (pp) der schmächtigen Wurzelanlage. Die mittlere Zellreihe endigt in eine grössere, den Scheitel einnehmende Zelle (a), aus der nach Janczewski[1]) auch die Calyptrogenschicht, sowie die gemeinsamen Initialen des Periblems und Dermatogens hervorgehen werden (wie Fig. 13 i. d. u. pb zeigt). Somit kann die Zelle a nach der Differenzierung die Rolle einer Scheitelzelle nicht einnehmen. Aus der Fig. 12 nun folgt bei der grossen Selbständigkeit (cf. pg. 6), welche jede einzelne Zellreihe p in der divergenten Zellanordnung besitzt, ohne weiteres, dass keine der seitlichen Zellreihen p in direkten genetischen Zusammenhang mit der Zelle a zu bringen ist, dass also auch vor der Differenzierung eine das Wachstum beherrschende Scheitelzelle nicht vorhanden gewesen sein kann.[2]) Die Fig. 13 zeigt ein Stadium der Nebenwurzel, in dem die Abscheidung des Pleromcylinders (pl) gerade perfekt geworden ist, doch lässt sich die (durch Klammern x y z angedeutete) Zusammengehörigkeit der Zellreihen noch verfolgen. Fig. 14 endlich, der mediane Längsschnitt einer Hauptwurzel, zeigt das bekannte Bild eines monocotylen Wurzelvegetationspunktes mit so grosser, fast schematischer Regelmässigkeit, dass ich nichts darüber hinzuzufügen brauche.

Was nun die Westermaier'sche Fig. 8, Taf. 6 in der Schwendener'schen Publikation betrifft[3]), so ist es sehr wohl möglich, dass ein schief geführter Schnitt ein solches Scheitelzell-ähnliches Dreieck zum Vorschein bringt, eine Annahme, die durch die Figur selbst vollkommen bestätigt wird. Denn, würde schon das Fehlen der Einsenkung des Vegetationspunktes darauf hindeuten, welche doch als regelmässige Eigenschaft allen monocotylen Wurzelvegetationspunkten zukommt[4]), so wird diese Wahrscheinlichkeit zur Gewissheit durch das Missverhältnis, welches sich ergiebt, wenn man eine Vervollständigung der Wurzelhaube vornimmt, der auf der linken Seite mindestens 2—3 Zelllagen fehlen. — Die Deutung des Querschnittes Fig. 7, Taf. 6[5]) ist sehr gezwungen; und es scheint bei der Unsicherheit, die Höhe eines Querschnittes zu bestimmen, die Annahme nicht ungerechtfertigt zu sein, dass die betreffende Abbildung einen, lediglich durch die Wurzel-

1) l. c.

2) Zu vergleichen ist dabei auch die logische Deduction bei Sachs, l. c. pg. 96 f.

3) l. c.

4) Zu vergl. sind dazu: Janczewski l. c. Taf. 14; ausserdem: Taf. I, Fig. 5. 6 dieser Arbeit; etc.

5) l. c.

haube geführten Schnitt zur Anschauung bringe; eine Annahme, die in hohem Grade durch die, als von der Mitte ausstrahlend skizzierten, Zellwände (der entfernteren Zellen) unterstützt wird.

Von monocotylen Familien sind ferner untersucht: Araceen: Acorus Calamus, Liliaceen: Funkia alba, Alismaceen[1]): Alisma Plantago und Sagittaria sagittifolia, Hydrocharitaceen[2]): Pistia Stratiotes.[3]) Alle untersuchten Pflanzen zeigen den eben beschriebenen völlig analoge Verhältnisse.

4. Dicotyledonen. Rumex Hydrolapathum.

Auch die Dicotylen fügen sich ohne weiteres dem Schema von Zea, da die Differenzen in der genetischen Beziehung des Dermatogens zum Periblem und Calyptrogen hier füglich unberücksichtigt bleiben dürfen.[4])

Fig. 15. 16 stellen junge Wurzelanlagen von Rumex Hydrolapathum dar. Fig. 15 zeigt sehr schön die zu divergenten Zellreihen auswachsenden Pericambiumzellen (p), die noch von der Endodermis e völlig umhüllt sind. Fig. 16 wird dem Stadium Fig. 4 von Zea ungefähr entsprechen, kurz vor der Abscheidung des Pleromcylinders. Die Zusammengehörigkeit der einzelnen umgebogenen Zellreihen (p) ist hier besonders deutlich zu verfolgen.

Ebenso schliessen sich alle anderen untersuchten Dicotylen hier an: Helianthus annuus[5]), Raphanus sativus[6]), Polygonum Fagopyrum[7]), Trapa natans[8]) u. s. f. Auch der vierte Angiospermentypus Janczewski's[9]) lässt sich vollkommen unserem Schema einfügen. Die Fig. 17, Taf. I (Fig. 3, Taf. 20 Janczewski's[10]), eine ältere Nebenwurzelanlage von Cicer arietinum darstellend, zeigt eine sehr regelmässig ausgebildete Divergenz, deren Deutlichkeit nur durch die grosse Masse der beteiligten Zellen getrübt scheint. Der einzige Unterschied wird darin liegen, dass die Selbständigkeit der einzelnen Zellreihen, welche bis zu einem gewissen Alter allen Nebenwurzelanlagen eigen ist, hier den centralen Zellreihen auch später erhalten bleibt. Somit ist der Pleromcylinder nicht völlig abgeschlossen,

1) cf. Janczewski, l. c. pg. 214 ff.

2) Die Selbständigkeit des Dermatogens und seine Entstehung aus der Endodermis bei den Hydrocharitaceen, welche Janczewski l. c. pg. 210 ff. zu der Aufstellung seines Typus (1.) veranlassten, sind für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse ohne Bedeutung.

3) cf. auch Reinke, l. c. pg. 43 ff.

4) cf. Janczewski, l. c. pg. 219 ff. De Bary, Vergl. Anatomie etc. l. c.

5) cf. Reinke, l. c. pg. 1 ff. Janczewski, l. c. pg. 221 ff.

6) Janczewski, l. c. pg. 220.

7) Janczewski, l. c. pg. 219.

8) Reinke, l. c. pg. 34 ff.

9) l. c. pg. 223 ff.

10) l. c. Die Figur ist bis auf die Bezeichnung unverändert aufgenommen.

sondern es bildet sich eine quere Initialzone x, durch welche hindurch sich die einzelnen Zellreihen (a b c d) des Pleroms verfolgen lassen.

Die Gymnospermen sind einstweilen in Bezug auf die Anlage ihrer Nebenwurzeln noch wenig untersucht, doch scheint nach den Figuren Strassburger's[1]) ein ganz ähnliches Verhalten derselben gerade bei der Differenzierung der Meristeme innerhalb der Nebenwurzelanlage gewiss zu sein.

Es ist somit gelungen, die divergente Zellanordnung des Urmeristems auf eine in allen Fällen gleichartige Weise in die regelrechte gewöhnliche Schichtung, den confocalen Bau, einer Wurzel überzuführen. Während eine zusammenfassende Betrachtung auf den Schluss verspart bleiben möge, ist hier hervorzuheben, dass das Princip der rechtwinkeligen Schneidung im ganzen Verlaufe der Untersuchungen überall bestätigt gefunden ward, und dass es nur mit seiner Hilfe möglich war, den ganzen Entwickelungsgang der jungen Wurzelanlage, einheitliches Gesammtwachstum vorausgesetzt, als in fortlaufendem Causalverbande befindlich darzustellen, so dass ein jedes Glied dieser Kette mit Notwendigkeit aus dem vorhergehenden folgte.

In der bahnbrechenden Arbeit Janczewski's ist es versucht, einen solchen inneren Zusammenhang zu konstruieren. Es ist bei fast sämmtlichen Zeichnungen[2]) angenommen, dass schon durch die ersten Teilungswände des jungen Wurzelkörpers eine Differenzierung der einzelnen Meristeme eintrete, um dann später darin die Ursache der wirklich vorhandenen Differenzierung nachweisen zu können. Diese Annahme nun war eine irrtümliche, wie im Vorhergehenden auf das Eingehendste bewiesen ist. Erst relativ spät (cf. Fig. 4. 5. 11. 13. 16, Taf. I), nachdem die Wurzelanlage einen bedeutenden Umfang erreicht hat, tritt die Differenzierung ein, die sich auf die oben geschilderte Weise unter dem Einfluss des Gesetzes der rechtwinkeligen Schneidung vollzieht.

Eine Betrachtung folgender Figuren Janczewski's[3]): Fig. 1—5, pl. 18, 1. 2. 4, pl. 19, 2. 3, pl. 20 wird genügen, um die Richtigkeit dieser Behauptung klar zu stellen. In den angeführten, vorzüglichen Zeichnungen erscheinen die dickeren Konturen als willkürlich und unmotiviert[4]) innerhalb des völlig undifferenzierten Meristems, und man ist einzig auf die oben entwickelte Art und Weise, mit Hilfe des Princips der rechtwinkeligen Schneidung, im stande, sich ein Bild von dem thatsächlichen Vorgange der Differenzierung zu machen.

1) Strassburger, Coniferen u. Gnetaceen, 1872, pg. 347 ff., Taf. XXIV, Fig. 27. 28.
2) cf. l. c. Taf. 17—20.
3) l. c.
4) Vgl. K. Göbel, Vergleichende Entwickelungsgeschichte etc., l. c. pg. 353, Anm. 1.

II. Die Anlage der Blätter.

Ausser der im vorigen Abschnitte behandelten Anlage der Nebenwurzeln, wurde die Entstehung der Blätter am Vegetationspunkte [1]) verschiedener Pflanzen zum Gegenstand von Untersuchungen gemacht, welche hier folgen mögen. Die anatomischen Verhältnisse des Vegetationskegels selbst werden nur dann genauer besprochen werden, wenn ältere mit meinen Untersuchungen nicht harmonierende Angaben zu verzeichnen sind.

1. Selaginella Martensii Spring.

Der Vegetationskegel und die Blattanlage der Selaginellen sind häufig schon und noch in neuester Zeit wieder auf das Genaueste erforscht.[2])

War es somit ausgeschlossen, wesentlich Neues auf diesem Gebiete zu finden, so führte mich einerseits der Wunsch, für meine folgenden Untersuchungen einen Anschluss an die mit Scheitelzelle wachsenden Gefässkryptogamen zu finden, auf Selaginella, während ich es andererseits für notwendig hielt, um den oft gehörten Einwand[3]): der schwierigen Untersuchung körperlicher Organe etc. zu beseitigen, eine zweifelsohne mit Scheitelzelle wachsende Pflanze zu untersuchen.

Der mit einer bald zweischneidigen bald dreiseitig pyramidalen Scheitelzelle [4]) wachsende Vegetationskegel von Selaginella Martensii entbehrt völlig einer distinkten Dermatogenschicht.

Die jungen Blätter entstehen durch starkes Längenwachstum und schnell aufeinanderfolgende Teilungen einer Gruppe von (4—6) Oberflächenzellen und zwar ohne eine erkennbare konstante Beziehung zu den Segmenten der Scheitelzelle.[5]) Die sich alsbald über die Oberfläche des Vegetationskegels (Taf. I, Fig. 18. 19) vorwölbende Blattanlage bildet einen Gewebehöcker, der aus Zellreihen besteht. (Fig. 18. 19 a, b.) Von einer Scheitelzelle ist nichts wahrzunehmen, — war dieselbe doch schon durch die Beteiligung einer ganzen Gruppe von Oberflächenzellen ausgeschlossen. Vielmehr erkennt man, dass die ganze Blattanlage eine Wachstumsein-

---

1) Ueber allgemeine Verhältnisse der Blattanlage und Entwickelung ist zu vergleichen: Göbel, Vergleichende Entwickelungsgeschichte, l. c. pg. 206 ff.

2) Hofmeister, Vergleichende Untersuchungen, pg. 111 ff. Pfeffer, Entwickelung des Keimes der Gattung Selaginella, in den Hanstein'schen Abhandlungen, III, 1871. Treub, Recherches sur les organes de la végétation du Selaginella Martensii, 1877.

3) cf. z. B. Dingler l. c. pg. 16 und sonst häufiger.

4) Die von Dingler l. c. pg. 66 bezweifelte Formveränderung der Scheitelzelle scheint in der Treub'schen Arbeit l. c. pg. 1 ff. genügend dargethan zu sein.

5) Treub, l. c. pg. 19.

heit bildet, dass sie (wie schon pg. 6 gesagt wurde) von einem Gesammtwachstum beherrscht wird in der Weise, dass die centralen Zellreihen den stärksten Zuwachs erhalten, während die Wachstumsintensität nach allen Seiten hin gleichmässig abnimmt (Fig. 18. 19). Es müssen sich demnach die Zellreihen wiederum in die schon bekannten Curven biegen, wenn anders das Princip der rechtwinkeligen Schneidung sich bestätigen soll. Und in der That zeigen die medianen Längsschnitte durch solche junge Blattanlagen (Fig. 18. 19) eine deutlich ausgesprochene Divergenz, welche auch auf Flächenschnitten junger Blätter hervortritt (wie sie durch Querschnitte, rechtwinkelig zur Längsachse des Vegetationskegels geführt, erhalten werden).[1] Diesem Längenwachstum entspricht ein ziemlich ausgiebiges Dickenwachstum der jungen Blattanlage, welches sich durch die Neubildung zahlreicher, divergenter Längswände zu erkennen giebt. In Fig. 18 und 19 bezeichnen a und b (mit den Klammern) je eine der primären Zellen, alle dazwischen liegenden Längswände sind durch das Dickenwachstum veranlasste Neubildungen. — Nachdem durch Längen- und Dickenwachstum die Blattanlage soweit gefördert ist, tritt eine ganz andere Wachstumsverteilung auf, deren Eigentümlichkeit kurz gesagt darin liegen dürfte, dass nur mehr das Längenwachstum in ausgiebiger Weise fortdauert, während das Dickenwachstum fast völlig sistiert wird. In den (schon von vornherein im Wachstum begünstigten) centralen Zellreihen tritt eine Reihe von Randzellen (x Fig. 20—21) auf, welche durch schief gegeneinander geneigte Wände 2 Reihen von Tochterzellen (x_1, x_2) bilden. Der Nachweis, dass hier eine grössere Anzahl von Randzellen und nicht etwa eine einzige Scheitelzelle vorliegt, ist auf das Genaueste von Treub[2] geführt. — Die Bildung dieser Randzellen geht folgendermassen vor sich: In der centralen Zellreihe (auf dem Längsschnitt ist nur eine sichtbar), welche in Fig. 19 durch die Längswand mn von der primären Zelle b abgetrennt wurde, ist die Querwand st aufgetreten, welche durch die später auftretende Längswand uv derartig beeinflusst wird, dass bei weiterem Wachstum (Fig. 20) die Linie st bei u einen rechten Winkel bildet, während die Linie suv annähernd gerade gestreckt ist. Die neue Zellwand rw trennt die erste der, in zwei Reihen, durch schief gegeneinander geneigte Wände gebildeten Tochterzellen ab, sodass die Zelle nswr, Fig. 20, mit x_1 zu bezeichnen ist. — Die Teilungsfähigkeit der so gebildeten Randzellen x ist jedoch nur eine begrenzte. Nach 5—6 Teilungen stellen sie ihr Wachstum ein und das Blatt erreicht durch intercalares Wachstum seine definitive Längenausdehnung. Die Divergenz der Zellreihen, welche ja auf dem Wachstum der gesammten Blattanlage beruhte, ist bei dem ausschliesslichen Wachstum dieser Randzellen inzwischen schon verloren gegangen. Einige Beachtung dürfte

1) Treub, l. c. Taf. 5, Fig. 10 α.
2) l. c. pg. 19.

schliesslich die Bildung der Blattepidermis verdienen. Da eine distinkte Dermatogenschicht dem Vegetationspunkt der Selaginellen mangelt, so muss die Epidermis durch spätere Differenzierung aus der Blattanlage hervorgehen (Fig. 20 und 21). Diese nicht einheitlich aus einem Dermatogen gebildete, sondern nachträglich durch perikline Wände differenzierte Epidermis verhält sich insofern abweichend, als noch häufiger (bei t Fig. 21β) innerhalb derselben tangentiale Wände auftreten, die dem Mesophyll Zellen hinzufügen.

2. Lycopodium inundatum, clavatum, Selago.

Die übereinstimmenden Angaben Strassburger's[1], Hegelmaier's[2] und Bruchmann's[3] über das Scheitelwachstum von Lycopodium fand ich vollständig bestätigt. Es ist hier ein Fortschritt, Selaginella gegenüber, insofern bemerkbar, als das Plerom mit eigenen Initialen wächst. Ein distinktes Dermatogen fehlt auch hier. Das Periblem wächst mit mehreren Initialen; Fig. 22 Taf. I zeigt in der Mitte des (zu flach projicierten) Vegetationskegels vier grosse Zellen (a b c d), auf welche die übrigen sämmtlich zurückführbar sind. Die Kante (k) würde den Scheitelmittelpunkt in sich aufnehmen. Weil durch die in a aufgetretene Teilungswand eine der Zellen c oder d von der Scheitelmitte ausgeschlossen erscheint, so ist man berechtigt, mit Dingler[4] nur zwei Scheitelzellen (a und b) gelten zu lassen. Denkt man sich nun die Zellteilungen der von der Scheitelmitte allseitig ausstrahlenden Zellreihen (deren Zusammenhang durch stärkere Konturen bezeichnet ist) in derselben Weise nach dem Innern des Vegetationskegels, rechtwinkelig zu der hier gezeichneten Oberfläche, bis an den Pleromcylinder fortgesetzt, so erhält man das Bild eines Kegelmantels.[5] Der centrale Pleromstrang, umgeben von diesem Kegelmantel, wächst, wie schon erwähnt, mit eigenen Initialen. Ueber dies Verhalten des Pleroms sind allerdings nur völlig mediane Schnitte im stande Auskunft zu geben, da es meist in nur einer Initiale gipfelt und die periklinen Curven im Lycopodium-Scheitel nicht sehr ausgeprägt sind. Sämmtliche oben angeführten, übereinstimmenden Angaben und Abbildungen »nicht als beweisend« zu betrachten[6], muss um so befremdlicher erscheinen, als Dingler durchaus nicht in der Lage ist, seinen Zweifel durch eigene Untersuchungen zu unterstützen.

---

1) Strassburger, Coniferen und Gnetaceen 1872, pg. 336 ff.

2) Hegelmaier, Zur Morphologie der Gattung Lycopodium. Bot. Ztg. 1872, pg. 805 ff.

3) Bruchmann, Die Wurzeln von Lycopodium und Isoëtes. Jenaer Zeitschrift 1874, pg. 530 ff.

4) l. c. pg. 15.

5) cf. den Längsschnitt eines Veget. p. v. Lycopodium Selago. Strassburger, Bot. Practicum 1884 pg. 256.

6) cf. Dingler, l. c. pg. 14.
Es wird allerdings überhaupt nur die Strassburger'sche Angabe erwähnt!

Bei den untersuchten Lycopodium-Arten geht die Anlage der jungen Blätter genau so von statten, wie bei Selaginella. Die gleichen Bezeichnungen sind beibehalten. Eine Vergleichung der Fig. 27 u. 28 Taf. II, beide Flächenschnitte durch Blattanlagen von Lycopodium inundatum darstellend, wird die Beteiligung der einzelnen Zellen (a—d) am Aufbau des Blattes bei sich vergrössernder Flächenausdehnung zeigen. Die divergente Zellanordnung ist überall sehr deutlich, sogar die durch eigentümliche Zellteilung in Fig. 28 hervorgerufenen Brechungen der Wände stören das Bild kaum. Die Fig. 23—25 Taf. I, Längsschnitte durch junge Blätter von Lycopodium clavatum darstellend weisen ebenfalls die Divergenz nach und stimmen mit den betreffenden Längsschnitten von Selaginella völlig überein. Das Auftreten der Randzellen geschieht ebenso wie dort, und die Epidermis, auch hier erst später differenziert, zeigt dieselben unregelmässigen tangentialen Teilungen, die bei Selaginella auffielen (Fig. 25 t). Nur Lycopodium inundatum scheint solche Randzellen nicht oder viel später auszubilden (Fig. 26 Taf. II). Es bleibt deshalb auch die Divergenz und die Zusammengehörigkeit der Zellreihen dort länger kenntlich und geht erst mit dem Eintreten des intercalaren Wachstums verloren.

Ganz ähnliche Verhältnisse des ersten Stadiums der Blattanlage beobachtete Bower bei Angiopteris evecta.[1])

3. Abietineen.

Am nächsten schliessen sich in ihrer Differenzierung die Abietineen meinen Untersuchungen zufolge an Lycopodium an.[2]) Cycadeen-Material vermochte ich mir leider nicht zu verschaffen. Es wurden untersucht: von Abies excelsa Poir. sowohl drei Monate alte Keimpflanzen, wie auch Knospen älterer Bäume; von Pinus Pinea L u. Pinus Douglasii Sabin. standen nur 1 Monat alte Keimlinge reichlich zur Verfügung, dagegen von Pinus sylvestris L, austriaca Hoss. und Mughus Scop. nur Knospen älterer Bäume. Da sämmtliche Resultate in hohem Grade übereinstimmen, so mögen sie gemeinsam erörtert werden.

Ein medianer Längsschnitt durch einen Abietineen-Vegetationspunkt, der in vollem Wachstum begriffen ist, zeigt im Grunde stets dasselbe Bild[3]) (Fig. 34, Taf. II). In der Mitte befindet sich ein protoplasmaarmes Gewebe, aus lang gestreckten, häufig ineinander geschobenen Zellreihen bestehend, das Plerom (pl). Diese Zellreihen lassen sich stets auf eine quere Initial-

1) Bower, On the comparative morphology of the leaf in Vascular Cryptogams and Gymnosperms. Sep.-Abdr. aus: Philosophical transactions of the royal society. II. 1884. pg. 579 ff. London.

2) cf. Strassburger, l. c. pg. 338.

3) Es wurden Knospenscheitel von Abies excelsa sowohl vor der Anlage der Blätter untersucht — sie waren durchweg steiler und schmächtiger — als auch solche, die mitten in der Blattanlage begriffen waren.

zone (i pl Fig. 34) zurückführen, wennschon die zahlreichen, sämmtlichen untersuchten Abietineen zukommenden, eigentümlichen Wandbrechungen die Deutlichkeit der Kurvenanordnung stören. Dennoch wird in Fig. 34, Taf. II, niemand die Selbständigkeit des Pleroms bezweifeln können.

Das ausserordentlich protoplasmareiche Aussengewebe ist das Periblem, dessen Initialen (i pb) die (beiden) obersten Zelllagen der Scheitelspitze einnehmen. Die Initialen selbst (i pb) teilen sich hauptsächlich durch senkrecht auf die Oberfläche des Vegetationskegels gestellte Wände, während Periklinen am Scheitel selbst seltener sind und meist erst in der dritten oder vierten Zelle (bei t) vom Scheitel ab gerechnet eintreten. Ein distinktes Dermatogen fehlt auch hier noch vollständig (Fig. 34). Die Oberflächenansichten (Fig. 29 u. 35, Taf. II) zeigen dem Scheitel von Lycopodium (Fig. 22) analoge Verhältnisse. Sämmtliche vom Scheitel ausstrahlenden (durch stärkere Konturen hervorgehobenen) Reihen von Oberflächenzellen lassen sich auf die vier (resp. zwei) Zellen a b c d zurückführen. Es ist dies eine Bestätigung dessen, was der Längsschnitt Fig. 34 zeigte, dass nämlich eine einzige das Wachstum beherrschende Zelle nicht nachweisbar ist.

In Fig. 29 besitzt die Zelle d zufällig eine dreieckige Form, und man wird sich leicht davon überzeugen, dass es nicht schwer hält, sich in solchen Fällen Segmente für die nachzuweisende Scheitelzelle zurechtzulegen. a würde hier als erstes, b + c als Teile des zweiten Segmentes gelten können.

Während das Verhalten des Vegetationspunktes der Abietineen keinen Fortschritt gegenüber den Lycopodiaceen erkennen liess, macht sich bei der Blattanlage ein solcher insofern bemerkbar, als sich nicht nur die Oberflächenschicht allein, sondern auch tiefere Periblemschichten bei der Anlage der Blätter beteiligen. Allerdings findet nicht jene scharfe Differenzierung einer »passiv« vorgewölbten Oberflächenschicht statt, wie bei dem Dermatogen[1]) der Angiospermen, sondern es beteiligt sich dieselbe hier immer noch in hervorragendem Masse an dem Aufbau der Blätter, und es mag somit der erwähnte »Fortschritt« als ziemlich illusorisch erscheinen; immerhin ist er aber vorhanden. In den Längsschnitten Fig. 30—33 und 36—40, Taf. II stellt die Linie x y die Grenze beider Bestandteile dar und veranschaulicht die Beteiligung der Oberflächenschicht.[2])

Es sind also bei einer eingehenderen Untersuchung der Blattanlagen zunächst die Oberflächenzellen zu berücksichtigen. Die betreffende Gruppe dieser Oberflächenzellen nun wächst stark und teilt sich lebhaft. Ueber

---

1) cf. Göbel, Vergleichende Entwickelungsgeschichte, l. c. pg. 139.

2) Der vielfach winkelige Verlauf von x y wird einfach durch die zahlreichen unregelmässig gestellten tangentialen Wände in der Oberflächenschicht erklärt, die auch ohne, dass eine Blattanlage vorliegt, auftreten, cf. Fig. 34 bei z; weit regelmässiger bei d.

Kreuz gestellte Teilungswände, welche Bruchmann[1]) für Lycopodium inundatum als charakteristisch erwähnt und abbildet, sind häufig (Fig. 30. 36. 37 a b). Das Vorhandensein einer einzigen Scheitelzelle ist demnach völlig ausgeschlossen. — Inzwischen hat sich die Blattanlage etwas über die Oberfläche vorgewölbt (Fig. 30. 31. 36—38) und bildet einen einem Kugelsegment ähnlichen Gewebehöcker. Die Längswände der Zellen, resp. der schon gebildeten Zellreihen, bestätigen auf das Deutlichste, dass sie dem Gesetze der rechtwinkeligen Schneidung gehorchen, durch das Auftreten der bekannten Divergenz (Fig. 31—33. 36—40).

Gleichzeitig nimmt aber eine andere Erscheinung die Aufmerksamkeit in Anspruch. Schon nach den ersten Teilungen (Fig. 31. 38. 39) nimmt das Wachstum des Blattes eine neue Richtung an, welche der Diagonale in dem Parallelogramm entsprechen würde, das aus der Wachstumsrichtung der Sprossachse und der anfangs dazu rechtwinkeligen der meisten Blattanlagen[2]) zu konstruieren ist. Insonderheit die Zellen der 2. 3. und 4. Periblemschicht schlagen diese Wachstumsrichtung ein, nachdem sie ihre frühere (dem Wachstum der Sprossachse entsprechende) aufgegeben haben. (Fig. 31. 37. 38 e f g die Zellreihen von x y nach Innen!) Es ergiebt sich hieraus von selber, dass durch successive Querschnitte, rechtwinkelig zur Sprossachse geführt, stets nur verzerrte Flächenschnitte der Blätter gewonnen werden müssen. — Die weitere Ausbildung der Blätter ist durch die Fig. 32. 33. 39. 40 dargestellt. Es geht daraus ohne weiteres hervor, dass die divergente Zellanordnung, d. h. das Princip der rechtwinkeligen Schneidung ebenso streng festgehalten wird (Fig. 33), wie die Selbständigkeit der einzelnen Zellreihen (Fig. 39). Die aus der 2. 3. und 4. Periblemschicht hervorgegangenen Elemente des Blattes entwickeln sich ebenfalls zu Zellreihen, die wie immer durch Längswachstum und Querteilungen entstehen und sich an Zellreihen der Oberflächenschicht (cf. pg. 17) ansetzen (u v w Fig. 33 und 40). Die Bildung der Epidermis geschieht wiederum durch das Auftreten einer Perikline, die die äussersten Zellen der einzelnen divergenten Reihen abtrennt. Nachträgliche tangentiale Wände (t) sind, wie bei den Lycopodiaceen, so auch hier häufig (Fig. 33).[3])

4. Cupressineen.

Untersucht wurden ganz junge 14 Tage alte Keimlinge von Cupressus Lawsoniana, 3 Monate alte Keimpflanzen von Cupressus funebris, End- und Seitenknospen älterer Exemplare von Juniperus communis, und end-

1) l. c. pg. 530.

2) cf. Taf. I, Fig. 18—21. 23. 24.

3) Ueber weitere Ausbildung der Blätter durch intercalares Wachstum und Streckung vergl.: Th. Hartig, Forstliche Kulturpflanzen, 1840, pg. 14 f. Göbel, Vergleichende Entwickelungsgeschichte, l. c. pg. 215 f.

lich vier Monate alte Keimlinge von Taxodium distichum ; ausserdem ist hier zu erwähnen, dass von Araucarieen Araucaria brasiliana untersucht wurde.

Am nächsten stehen den Abietineen Taxodium und Juniperus in Bezug auf das Verhalten ihres Vegetationspunktes. Beide wachsen ohne Scheitelzelle. Dieses wird erstens dadurch bewiesen, dass sich mit aller Bestimmtheit bei beiden Pflanzen die Selbständigkeit des Pleroms nachweisen lässt (Fig. 43. 44, Taf. II). Der centrale Pleromcylinder (pl) bildet eine deutliche Einheit, die durch eine einheitliche Kurve rings begrenzt ist, und auf den medianen Längsschnitten in je einer Initiale gipfelt (i pl). Zweitens ist aber auch der Anfang zu einem Dermatogen gemacht, welches als kontinuierliche Schicht d den Scheitel überzieht. Dasselbe ist zwar noch nicht genetisch selbständig geworden, sondern ist gemeinsamen Ursprungs mit dem Periblem. Es besitzen beide zwar noch keine streng lokalisierten gemeinsamen Initialen, doch finden sich auch nicht mehr jene willkürlichen und unregelmässigen tangentialen Teilungen, die beiden Abietineen (z Fig. 34) so häufig waren ; sondern es tritt, wenn dem Periblem eine Zelllage hinzugefügt wird, eine durchgehende, einheitliche Perikline (u Fig. 43. 44) auf, welche die Trennung ausführt. Somit verhält sich diese »oberste Schicht des Periblems« hier weit selbständiger als bei den Abietineen, und es vermitteln diese beiden Pflanzen den Uebergang zu Cupressus selbst.

Der Vegetationskegel der untersuchten Cupressusarten, sowie derjenige von Araucaria brasiliana (Fig. 41. 42. 45, Taf. II) zeigt diejenige Höhe der Differenzierung der Meristeme, welche bei den Monocotylen als die typische Differenzierung der Wurzelvegetationspunkte gelten kann. Die Sprosse der erwähnten Pflanzen besitzen nämlich einen Vegetationspunkt mit völlig gesondertem, centralem Pleromstrange (pl), der bei Cupressus meist in einer Zelle (Fig. 41 u. 42 i pl), bei Araucaria wohl stets in mehreren Initialen (Fig. 45 i pl) gipfelt. Dieses Plerom ist umhüllt von einem zwei- bis mehrschichtigen Periblem und einem stets einschichtigen Dermatogen. Beide Meristeme wachsen mit gemeinsamen Initialen, welche die Oberfläche der Scheitelmitte einnehmen (i. d. u. pb). Diese (2—4) gemeinsamen Initialen teilen sich durch senkrecht zur Oberfläche gestellte Wände, wodurch dem Dermatogen Zellen hinzugefügt werden; und ferner (seltener) durch tangentiale Wände, welche die mit i pb bezeichneten Zellen abtrennen. Diese Zellen sind nun sozusagen die sekundären Initialen für das Periblem allein und tragen dem Wachstum desselben durch rechtwinkelig auf das Dermatogen gestellte Wände Rechnung. Man braucht nur diese »seltneren« tangentialen Teilungen sich als ganz fehlend zu denken, um die ausgeprägteste Differenzierung der Angiospermen zu sehen.

Die Anlage der Blätter am Vegetationspunkte findet bei Taxodium, den Cupressineen und Araucaria in durchaus gleichartiger Weise statt, und bildet dabei die beste Bestätigung der eben gemachten Beobachtung, dass das Dermatogen völlige Selbständigkeit erlangt habe. Die Anlage der Blät-

ter geht hier nämlich in allen Fällen aus von der ersten und zweiten Periblemlage. Die betreffenden Periblemzellen zeigen ein stärkeres Wachstum rechtwinkelig zur Richtung der Sprossachse, und dehnen die über ihnen ausgespannte Dermatogenschicht passiv aus, ohne dass im Dermatogen andere Teilungen, als solche rechtwinkelig zur Oberfläche auftreten. So entsteht alsbald ein kleiner Gewebehöcker, der, von einheitlichem Dermatogen überdeckt, die Stelle bezeichnet, wo ein Blatt entstehen wird (bl. Fig. 41. 43—45). Innerhalb dieser Blattanlagen nun tritt die divergente Zellanordnung auf (Fig. 43—46) und bestätigt auch hier die Giltigkeit des Princips der rechtwinkeligen Schneidung. Vielfach jedoch kommt die Divergenz nur kurze Zeit hindurch zur Geltung, da das Blatt ausserordentlich früh, noch bevor divergente Zell-Reihen gebildet werden konnten — wohl durch den Einfluss intercalaren Wachstums — die gewöhnliche Schichtung annimmt durch das Auftreten regelmässiger, perikliner Wände (bl_1, Fig. 42).[1]

5. Gnetaceen.

Untersucht wurden Ephedra altissima und andina. Es standen einige vier Monate alte, reichlich verzweigte Keimpflanzen zu Gebote. Die medianen Längsschnitte (Fig. 47. 48, Taf. II) durch Vegetationskegel von Ephedra altissima zeigen einen scharf markierten, meist in nur einer Zelle (ipl) endigenden Pleromstrang (pl). Derselbe ist umgeben von einem meist ebenfalls einschichtigen Periblem (pb) und einschichtigen Dermatogen (d). Periblem wie Dermatogen folgen dem Längenwachstum einfach durch rechtwinkelig auf die Oberfläche (resp. Dermatogenschicht) gestellte Teilungswände, während das Wachstum des Pleroms durch Vermittelung der Endzelle(n), seiner Initiale(n) ipl, stattfindet. Dies ist das reguläre Verhalten des Vegetationskegels bei Ephedra. — Eine merkwürdige Erscheinung tritt nun bei den untersuchten Gnetaceen dann auf, wenn die einschichtige Periblemlage eine Vermehrung ihrer Schichten erfährt. Es tritt dann im Dermatogen eine durchgehende Perikline auf (Fig. 47 prk), nach deren Vollendung das wieder einschichtige Dermatogen und das jetzt zwei Lagen starke Periblem durch rechtwinkelig zur Oberfläche gestellte Wände ihr Wachstum fortsetzen, bis wieder einmal das Periblem auf solche Weise eine Vermehrung seiner Zelllagen erfährt. — Aus diesem Sachverhalt ergiebt sich von selber, dass eine Scheitelzelle bei Ephedra nicht vorhanden ist, wie auch schon von Strassburger[2] nachgewiesen wurde. Und es dürften sämmtliche Abbildungen Strassburger's[3], die »unregelmässige« Teilungen des Dermatogens besitzen, auf den oben geschilderten Teilungsmodus zurückführbar sein.

1) Im übrigen cf. Hartig, l. c. pg. 85 ff.

2) Coniferen und Gnetaceen, pg. 325.

3) Ebenda, Taf. XXII, Fig. 4. 5. 7.

Die Blattanlagen der Ephedraarten stimmen völlig mit den eben an den Cupressineen beschriebenen überein. Das Dermatogen bewahrt hier stets seine volle Unabhängigkeit und wird von den stark wachsenden Periblemzellen zu einem Gewebehöcker aufgeschwellt (Fig. 48 bl.). Innerhalb desselben nehmen die Periblemzellen wiederum divergente Zellanordnung an (Fig. 48). Im übrigen findet sich Anlage und Entwickelung der Blätter ausführlich dargestellt bei Strassburger in seinem Werke: »Die Coniferen und Gnetaceen.« [1])

Die im vorhergehenden gegebene Darstellung der Resultate meiner Untersuchungen der Vegetationspunkte und Blattanlagen der Gymnospermen stimmt im wesentlichen überein mit derjenigen Strassburger's [2]), soweit er in seinem Werke über die Coniferen und Gnetaceen auf diese Verhältnisse eingeht. Nur die dort [3]) gegebene Beschreibung des Vegetationskegels von Araucaria brasiliana weicht insofern von meiner Darstellung ab, als dort »ein kontinuierliches Protoderma« (Dermatogen) angegeben ist, welches sich auch auf der betreffenden Zeichnung [4]) vorfindet. Dies ist dahin zu erklären, dass Strassburger, wie auch im übrigen aus seiner Darstellung hervorgeht, über nicht sehr umfangreiches Araucariamaterial verfügte, und ihm somit zufälligerweise gerade keine in Teilung begriffene gemeinsame Initiale beider Meristeme aufstiess. Meine Fig. 45 dagegen erweist das Vorhandensein gemeinsamer Initialen (i. d. u. pb) auf das Vollkommenste; auch möge erwähnt sein, dass ich noch mehrere Schnitte mit in lebhaftester Teilung begriffenen Initialen des Dermatogens und Periblems erhielt.

Dagegen stehen meine Angaben in schroffem Widerspruche zu denen von Dingler [5]) und Korschelt. [6])

Im Eingange dieser Arbeit sind schon kurz einige Gründe gegen die von Dingler und Korschelt angewandte Untersuchungsmethode zusammengestellt, welche nicht ungeeignet sein dürften, die Beweiskraft beider Arbeiten wesentlich zu beeinträchtigen. Jetzt sei es mir gestattet, kurz auf die Untersuchungen selbst einzugehen.

Dingler untersuchte, ausser einer Cycadee (Ceratozamia?), die nach seiner Angabe [7]) eine dreiseitige Scheitelzelle besass, von Abietineen: Abies balsamea, Picea (Abies) excelsa, Pinus sylvestris, P. Laricio, P. inops: von Cupressineen: Juniperus communis, Cupressus pyramidalis: von Gnetaceen

1) l. c. pg. 326.
2) l. c. pg. 323 ff.
3) l. c. pg. 324.
4) l. c. Taf. XXIII, Fig. 13.
5) l. c. pg. 28 ff.
6) l. c. pg. 646 ff.
7) l. c. pg. 30; cf. dazu Strassburger l. c. pg. 335 f.

endlich: Ephedra monostachya; ausserdem wie er eingangs[1]) erwähnt: »viele andere, die kein Resultat lieferten.« Dingler behauptet nun mit Sicherheit, eine tetraedrische Scheitelzelle gefunden zu haben nur für Picea excelsa und Cupressus pyramidalis. Die Zeichnungen, welche diese Behauptung erweisen sollen, sind auf seiner Taf. II, Fig. 5—12 zusammengestellt. Es sind nun dies lauter Oberflächenansichten bis auf die eine Fig. 11. (Fig. 10 besteht nur aus zwei Zellen und ist als Beweis für irgend etwas wohl nicht verwendbar!) Diese Fig. 11 stellt nun einen medianen Längsschnitt durch den Vegetationspunkt von Picea excelsa dar, leider jedoch ist Dingler selbst[2]) zu der Bemerkung veranlasst: »Sicheres über die Teilungsfolge in den Segmenten lässt sich jedoch nicht daraus entnehmen.« Bei Pinus sylvestris[3]) liess sich ferner »an einem einzigen Präparate, das leider zu Grunde ging, bevor es gezeichnet wurde, . . . die wirkliche Stammscheitelzelle mit zwei Segmenten ganz sicher erkennen«. Es war dieses eine Präparat, eine Oberflächenansicht!; ferner zeigte bei Ephedra eine einzige Oberflächenansicht eine »auffallend grosse Scheitelzelle«. »Auf Längsschnitten« dagegen war Dingler »nicht im stande dieselbe zu erkennen«.[4]) Bei allen andern Species war das Vorhandensein einer tetraedrischen Scheitelzelle nur mehr oder minder wahrscheinlich, ja bei Juniperus[5]) wurde »nichts sicheres gefunden«. — Das ist das ganze positive Resultat der, wie besonders betont sein mag, sorgfältig durchgeführten Dingler'schen Arbeit; sollte dasselbe nicht eher als negatives zu bezeichnen sein? Die verschiedenen Oberflächenansichten im einzelnen zu widerlegen, ist ebenso unmöglich wie unnötig; kommt doch eben alles auf ihre Deutung an, und, dass man bei einigem guten Willen in vielen Fällen eine solche »Scheitelzelle« herauslesen kann, haben wir oben an einem Beispiele gesehen.[6])

Als »Nebenresultat« behauptet Dingler[7]): »Die Blätter von Abies balsamea, Picea excelsa, Pinus inops und Juniperus communis wachsen, wenigstens in ihrem frühesten Stadium, bestimmt mit einer Scheitelzelle.« Die Unrichtigkeit dieser Behauptung braucht nach allem Vorhergesagten nicht mehr hervorgehoben zu werden, doch möchte ich hier eine Stelle anführen, an welcher das Gegenteil von der Dingler'schen Angabe schon von Hofmeister mit aller Bestimmtheit behauptet wird: Die Abietineen, Cycadeen etc. »erheben die Anlagen der Blätter als von Anfang an v i e l z e l l i g e Protuberanzen über die Peripherie des Achsenendes«.[8]) Es hätte also eine gegenteilige Behauptung wohl eine etwas sorgfältigere Prüfung verdient!

1) l. c. pg. 28.
2) l. c. pg. 83.
3) l. c. pg. 37.
4) l. c. pg. 42.
5) l. c. pg. 39.
6) cf. oben zu Fig. 17, Taf. II, pg. 29.
7) l. c. pg. 44.
8) Hofmeister, Allgemeine Morphologie der Gewächse, 1868, pg. 514.

Korschelt[1]) untersuchte Pinus Abies, Pinus orientalis, Pinus canadensis und verschiedene andere, die wiederum nicht »voll beweiskräftige Resultate lieferten«; ausserdem Taxodium distichum, Ephedra vulgaris und andina. Es macht Korschelt verhältnismässig wenig Schwierigkeiten, bei allen namentlich aufgeführten Species eine, wiederum tetraedrische Scheitelzelle nachzuweisen, und er sagt selber[2]): »Ohne Zweifel würde die Anzahl der Fälle, die das Scheitelzellwachstum bestimmt erweisen, beliebig zu vermehren sein, wenn man nur einmal systematisch vorgehen wollte!« Dieses systematische Vorgehen findet man denn auch in der ganzen Arbeit durchgeführt. Ueberall werden mit der grössten Sicherheit positive Resultate aufgestellt, welche weder durch die Gründlichkeit der Untersuchungen, noch durch die beigegebenen Figuren[3]) eine hinreichende Begründung erhalten haben dürften. Was nämlich diese Figuren anbetrifft, so kann ich mich auf eine Deutung der vielen Oberflächenansichten zwar nicht einlassen, die Längsschnitte aber, so wenig sie auch zur Verwendung kommen, sind durchweg so unvollständig, dass man es kaum wagen darf, sich ein Urteil über ihre Medianität anzumassen; ein Umstand, durch den allerdings ihr Wert als Beweismittel in einer wissenschaftlichen Arbeit wesentliche Einbusse erleidet.

6. Elodea canadensis.

Der Vegetationskegel von Elodea ist eine in Lehrbüchern, auf Wandtafeln etc. häufig wiederkehrende, bekannte Erscheinung. Noch alle Autoren, die denselben abgebildet[4]) oder beschrieben[5]) haben, sind einig darin, dass das Dermatogen bei Elodea stets als scharf gesonderte eigene Meristemschicht existiert. In den zahlreichen Fällen, die ich selber untersuchte, fand ich dies durchaus bestätigt. Nur die Angaben Korschelt's[6]) und P. Magnus'[7]) weichen davon ab.

In der Korschelt'schen Angabe[8]) muss schon die einleitende Bemerkung Bedenken erregen: »Der Vegetationskegel von Elodea ist bekanntlich ausserordentlich schlank und spitz, und so muss schon eine ganz oberflächliche Betrachtung desselben unwillkürlich den Gedanken nahe legen, ob denn nicht die Wahrscheinlichkeit in diesem Falle viel eher für eine einzige Zelle spreche, welche am Scheitel des Kegels als Mutterzelle des ganzen

1) l. c. pg. 646 ff.

2) l. c. pg. 673.

3) l. c. Taf. XXXIII.

4) cf. Luerssen, Grundzüge, pg. 99, 1884. Kny, Wandtafeln, XXX.

5) cf. Sanio, Bt. Ztg. 1865, pg. 186. Kny, Text zu den Wandtafeln, III, pg. 102 ff. Idem, Sitzungsbericht der Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin, 16. Juli 1878. Separat-Abdruck pg. 4.

6) l. c. pg. 659 ff.

7) Bot. Ztg. 1878, pg. 766.

8) l. c. pg. 659.

Sprosses funktioniere, als dass auf so gedrängtem Raume, wie ihn diese Scheitelspitze bietet, ein ganzer Zellkomplex, ein Meristem, durch seine Teilungen den Aufbau des Stammendes vermittle.« Untersucht man nun die Beweise, auf Grund deren »diese Wahrscheinlichkeit zur Gewissheit« wurde, so findet man, dass sie denn doch auf allzuschwachen Füssen stehen. Zunächst soll in der Oberflächenansicht[1]), von der Segmentierung ganz abgesehen, eine »dreieckig gestaltete« Scheitelzelle vorhanden sein, die sich jedoch lediglich durch die stärkeren Konturen als solche zu erkennen giebt. Diese Oberflächenansicht soll nun unterstützt werden durch einen Längsschnitt[2]), welcher jedoch wieder die lebhaftesten Bedenken hervorruft. Eine Vergleichung z. B. des bei Luerssen[3]) abgebildeten Längsschnittes von Elodea mit diesem hier zeigt nämlich, dass das Korschelt'sche Exemplar den doppelten Querdurchmesser des Luerssen'schen gehabt haben müsste, wenn die Korschelt'sche Zeichnung annähernd die Medianebene wiedergeben sollte. Dieser Zweifel findet wesentliche Unterstützung dadurch, dass die Zeichnung einen optischen Längsschnitt[4]) darstellt; ein Umstand, der bei dem relativ bedeutenden Umfange des Vegetationskegels kaum gerechtfertigt sein dürfte. Somit scheint konsequenterweise bei der ganzen Untersuchung die »ganz oberflächliche Betrachtung« innegehalten zu sein.

P. Magnus[5]) behauptet, auf Radialschnitten junger Achselknospen eine Scheitelzelle gesehen zu haben. Figuren bringt er nicht. Sollte diese Angabe nicht auf Irrtum beruhen, was einstweilen wahrscheinlich ist, so darf ihr doch nur die Bedeutung eines unregelmässigen Falles ohne weitere Beweiskraft beigemessen werden. Die Fig. 54, Taf. II,[6]) zeigt, im Gegensatze dazu, eine reguläre junge Achselknospe ohne Scheitelzelle; Plerom-strang (ipl) und Dermatogenschicht sind scharf vom Periblem geschieden.[7])

Es sind die Blätter von Elodea bekanntlich[8]) aus zwei Zellschichten aufgebaut, die nur in der Mitte des Blattes von einer mehrschichtigen Rippe durchzogen werden. Soll ein Längsschnitt median durch ein Blatt geführt sein, so muss er diese Mittelrippe durchschnitten zeigen. Eine Vergleichung der Fig. 49 und 50, Taf. II, solche medianen Längsschnitte zeigend, mit Fig. 51—53, Taf. II, optische Flächenschnitte durch Blattanlagen von Elodea darstellend, lehrt das Folgende:

1) l. c. Fig. 11, Taf. XXXIII.

2) l. c. Fig. 12, Taf. XXXIII.

3) l. c. pg. 99, Vergrösserung in beiden Fällen fast gleich.

4) l. c. pg. 660 u. 674.

5) l. c.

6) Diese Zeichnung wurde mir gütigst von Herrn Prof. Dr. Göbel zur Verfügung gestellt.

7) Ueber Fälle, in denen diese Scheidung des Pleroms und Periblems nicht so scharf war, vergl. Kny, Sep.-Abdr. l. c.

8) cf. Kny, Text zu den Wandtafeln l. c.

Das Blatt von Elodea geht seiner Hauptmasse nach aus einer Gruppe von Dermatogenzellen (d Fig. 49—53) hervor, die nach Art der früher betrachteten Oberflächenzellen von Selaginella und Lycopodium durch stärkeres Wachstum zu einem Höcker werden (Fig. 49. 51. 52), und sich durch das Auftreten von Querwänden zu Zellreihen ausbilden, welche dem Gesetze der rechtwinkeligen Schneidung gehorchend, innerhalb des Gewebehöckers divergente Zellanordnung annehmen (Fig. 52. 53 d). Diesem Wachstume der Dermatogenzellen scheinen zunächst vier (auf Flächenschnitten gesehen) in einer Ebene (Medianebene) liegende Periblemzellen (häufig auch acht zu vieren übereinander liegende Zellen) folgen zu wollen (Fig. 51 m). Bald jedoch (vergl. Fig. 49 u. Fig. 52. 53) stellen die beiden (4) seitlichen Zellen m ihr Wachstum ein; häufig geht dem das Auftreten je einer schiefen Wand (Fig. 52) vorher.[1]) Nur die beiden (4) mittelsten Zellen setzen ihr Wachstum fort und folgen den Dermatogenzellen (Fig. 49. 53). Nach kürzerer oder längerer Zeit gewinnt die eine Zellreihe die Oberhand und nimmt den Scheitel der Mittelrippe ein, deren Wachstum sie dann durch Querteilungen befördert. Inzwischen hat sich genau so, wie es vorhin bei Selaginella ausführlich dargestellt wurde, auch hier eine Gruppe von Randzellen (x Fig. 50) gebildet, die durch schief gegeneinander geneigte Wände eine zweischichtige Blattfläche oberhalb der Mittelrippe bilden.[2]) Diese Randzellen, gesehen an der Spitze nicht median geführter Längsschnitte durch Blattanlagen (welche ja ausserhalb der Medianebene aus nur zwei Schichten bestehen), haben die in der Litteratur vorhandene irrtümliche Angabe[3]) eines Scheitelzellwachstums bei den Blättern von Elodea veranlasst, die schon von Göbel[4]) kurz widerlegt wurde. Diese Randzellen stellen nun auch hier bald ihr Wachstum ein, worauf ein intercalarer Vegetationspunkt die definitive Ausbildung des Blattes vollendet.

7. Hippuris vulgaris.[5])

Die Entwickelung der Blätter aus dem Vegetationspunkte des Stammes ist dargestellt durch die medianen Längsschnitte (Fig. 55—57). Die Flä-

---

1) cf. Haberlandt, l. c. pg. 15 das über »Basalscheide« gesagte.

2) Die Auffassung Haberlandt's, l. c. pg. 12. 14. 18 der in diesen beiden »übereinander gelagerten Scheitelzellen« (m. u. x Fig. 50), sowie in den drei sich ebenso verhaltenden Zellen bei Seitensprossen von Ceratophyllum, l. c. pg. 20 f., einen Uebergang zu dem regulären Scheitelzellwachstum der Kryptogamen erblicken will, erscheint doch sehr gezwungen.

3) cf. Nägeli, Sitzungsbericht der Naturforscher-Versammlung zu München, 1877. Bot. Ztg. 1878, pg. 125.

4) Göbel, Vergleichende Entwickelungsgeschichte, l. c. pg. 210.

5) Ueber die Wachstumsverhältnisse des ohne Scheitelzelle wachsenden Vegetationskegels von Hippuris, vergl. Sanio, Bot. Ztg. 1864, pg. 223.

de Bary, Vergleichende Anatomie, pg. 9. ferner:

chenschnitte (Fig. 58—60) und die Oberflächenansicht (Fig. 61). Es gehen die Blattanlagen bei Hippuris allein aus der obersten Lage des Periblems hervor (p), während die darüber ausgespannte Dermatogenschicht lediglich dem von innen ausgeübten Drucke durch vermehrte Teilungen rechtwinkelig auf die Oberfläche nachgiebt und so als einheitliche Lage den sich vorwölbenden Gewebehöcker überdeckt (vergl. d Fig. 55. 56. 58. 59 und die Oberflächenansicht Fig. 61, welche den Verlauf der Zellreihen des Dermatogens über den Scheitel der Blattanlagen (bl) hin zeigt). Die Periblemzellen p dagegen zeigen starkes Wachstum in der Richtung rechtwinkelig zur Sprossachse; sie teilen sich durch einige tangentiale Wände (Fig. 56a. 57. 58), und es entstehen wiederum Zellreihen, welche sich innerhalb des Gewebehöckers, dem Gesetze der rechtwinkeligen Schneidung gehorchend, in Kurven biegen müssen, und somit die divergente Zellanordnung zum Ausdruck bringen (Fig. 57—60). Am Scheitel des Mesophylls tritt hier nun wiederum derselbe Vorgang auf, den wir bei Selaginella, Lycopodium und Elodea als Bildung von Randzellen (x) kennen lernten (Fig. 56. 62). Diese Zellen x bilden auch hier einige schief gegeneinander geneigte Tochterzellen x, doch tritt sehr bald darnach intercalares Wachstum ein.

Fig. 62—67, Taf. III stellen die Blütenanlagen von Hippuris dar. In der Achsel des relativ noch wenig entwickelten Blattes (bl Fig. 62) entsteht eine Anschwellung (st), welche wieder auf die oberste Lage des Periblems zurückzuführen ist. Wiederum wachsen diese Zellen p zu Zellreihen heran, von der kontinuierlichen Dermatogenschicht d umhüllt. Auch hier findet man das Gesetz der rechtwinkeligen Schneidung in voller Geltung, wie die deutliche Divergenz der Zellreihen beweist (Fig. 63). Es entsteht so ein keulenförmiges Gebilde (st). Durch intercalares Wachstum vergrössert sich dieses bedeutend (Fig. 64), verliert die Divergenz seiner Zellreihen, bleibt aber noch zunächst ohne weitere Differenzierung seiner Form (Fig. 64). Nur eine schwache Anschwellung (fr) auf der (dem Stamm zugekehrten) Innenseite bezeichnet den Ort, wo später Griffel und Narbe hervorsprossen werden. Aus der oberen Partie der Keule geht das (den Gipfel des Achselsprosses einnehmende) terminale Staubblatt (st) hervor, welches durch weiteres (intercalares) Wachstum zu beträchtlicher Grösse heranwächst (Fig. 65. 67), und sich in Filament und Anthere differenziert. Narbe und Samenknospe entstehen aus der mit fr (Fig. 64) bezeichneten Anschwellung; diese teilt sich (Fig. 65), und die obere Partie n wächst zum Griffel mit Narbe aus, während sich im Innern der zweiten Anschwel-

Strassburger, Bot. Practicum, pg. 251.

Warming, eine von Göbel wiedergegebene Zeichnung in Vergleichende Entwickelungsgeschichte, l. c. pg. 140.

Kny, Wandtafeln XXX. Text dazu.

Derselbe, Separat-Abdruck aus dem Sitzungsbericht der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin. 16. Juli 1878.

lung (s Fig. 65) die Samenknospe bilden wird. Sie interessiert uns hier wegen der Eigentümlichkeit ihres Dermatogens, dessen einzelne Zellen sich zu Zellreihen verlängern (Fig. 66), die wiederum durch ihre Divergenz das Princip der rechtwinkeligen Schneidung bestätigen. Unterhalb dieser Anschwellung s sprosst später als Ringwall das rudimentäre Perigon p hervor (Fig. 65—67). Wegen weiterer Einzelheiten vergleiche Göbel, Systematik, pg. 395 ff., Fig. 272.

8. Utricularia vulgaris.

Da die morphologischen Verhältnisse des Vegetationskegels von Utricularia speciell durch die Pringsheim'sche Arbeit[1]: »Ueber die Bildungsvorgänge am Vegetationskegel von Utricularia vulgaris« bekannt sein dürften, so begnüge ich mich mit der Wiedergabe der Fig. 68[2], Taf. III, welche eine Uebersicht desselben ermöglicht. Es wird aus derselben ohne weiteres die eigentümliche Struktur des eingerollten Vegetationskegels hervorgehen und die Entstehung der Blätter auf den Flanken desselben, der »Ranken« Pringsheim's[3] (sp) auf der Innenseite und der Haare auf der Aussenseite veranschaulicht werden. —

Der anatomische Bau des Vegetationskegels wird in der erwähnten Arbeit am Schlusse besprochen[4], und es wird angedeutet, dass das Wachstum möglicherweise durch eine Scheitelzelle vermittelt werde. Die Pringsheim'schen Abbildungen[5] dagegen sprechen entschieden gegen das Vorhandensein einer Scheitelzelle, wie schon Hanstein[6] bemerkt. Die gründlichen Untersuchungen Warming's[7] erwiesen bis zur Evidenz, dass gerade bei Utricularia[8] die Trennung der drei Meristeme eine besonders scharfe sei. Bei meinen eigenen zahlreichen Untersuchungen des Vegetationskegels von Utricularia vulgaris vermochte ich niemals eine Scheitelzelle aufzufinden, sondern fand die Angaben Warming's völlig bestätigt.[9]

Wesentlich unterstützt werden diese Angaben über das Wachstum

1) Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1869, pg. 92 ff.; cf. auch Göbel, Vergleichende Entwickelungsgeschichte, l. c. pg. 236 f.

2) Diese Zeichnung wurde mir von Herrn Prof. Dr. Göbel gütigst zur Verfügung gestellt.

3) l. c. pg. 96.

4) l. c. pg. 112.

5) cf. l. c.

6) Ueber die erste Entwickelung der Achsen- und Blatt-Organe phanerogamer Pflanzen. Bot. Ztg. 1870, pg. 24 f.

7) Warming, Forgrenings forhold hos Fanerogamerne etc. Kiöbenhavn 1872.

8) l. c. pg. 80 f. und im französischen Résumé etc., pg. IV.

9) Die Angaben der Korschelt'schen Arbeit über Utricularia minor (l. c. pg. 670. 671) sind hier unberücksichtigt geblieben, da einerseits Text und Fig. 24 nicht einmal für den speciellen Fall einen wirklichen Beweis liefern, während dort andererseits entgegenstehende Angaben, wie die Warming'schen mit keinem Worte erwähnt werden.

von Utricularia ohne Scheitelzelle durch das Verhalten jener reduzierten Seitensprosse, welche von Pringsheim[1]) als »Ranken« bezeichnet sind (Fig. 69—71). Diese entstehen[2]) lediglich durch das Wachstum einer Zellgruppe der obersten Periblemlage (p), und zwar zeigt ein optischer Längsschnitt durch eine solche Rankenanlage meist zwei Zellen des Periblems beteiligt (Fig. 69), so dass es im ganzen 4—6 Zellen sein mögen. Die Dermatogenschicht wächst mit der Rankenanlage weiter, indem sie sich durch rechtwinkelig zur Oberfläche gestellte Wände teilt. Eine der beiden (auf Längsschnitten sichtbaren) Periblemzellen oder Zellreihen gewinnt früher oder später die Oberhand und nimmt den Periblemscheitel innerhalb des Sprosses ein (x Fig. 70). Divergenz der Zellanordnung ist bei nur zwei beteiligten Zellreihen natürlich an und für sich ausgeschlossen, da sie ja eine verschiedene Wachstumsintensität unter mindestens drei Zellreihen voraussetzt. Vielmehr tritt (Fig. 71) sehr bald gewöhnliche Schichtung ein, indem eine Perikline sich bildet, die einen mit eigenen Initialen (i. pl) wachsenden Pleromcylinder abtrennt.

Ein analoges Verhalten zu der Anlage dieser Ranken zeigt die Entstehung der Blätter resp. der Blattzipfel. Das Blatt besteht in jungem Stadium, wie der Querschnitt Fig. 77 zeigt, aus nur einer Mesophyllschicht, die allseitig von dem einschichtigen Dermatogen umhüllt ist. Da also ein Längsschnitt ein stets einschichtiges Mesophyll zeigen würde, so ist man gezwungen, zu Flächenschnitten seine Zuflucht zu nehmen. Es lassen sich hier nun zwei Fälle der Blatt(zipfel)anlage unterscheiden. Entweder sind nur zwei Zellen des Mesophylls (m) bei der Anlage beteiligt (Fig. 72—74. 76 c). Es treten dann genau dieselben Verhältnisse ein, wie vorhin bei der Anlage der Ranken. Daher bildet die Blattanlage einen Analogiebeweis für die Zellanordnung der Ranken- (und Spross)anlagen, der um so wichtiger ist, weil man wegen der Einschichtigkeit des Mesophylls im stande ist, ihre Zellanordnung mit der grössten Sicherheit festzustellen. Der andere Fall ist der, dass drei Zellen des Mesophylls sich beteiligen (Fig. 75. 76 ab). Es wachsen dann also drei Zellen zu Zellreihen aus; und es ergiebt sich daraus, innerhalb des Blatthöckers bei dem stärkeren Wachstume der mittleren Zellreihe und unter dem Einflusse der rechtwinkeligen Schneidung, mit Notwendigkeit die divergente Zellanordnung (Fig. 75 m). Die Dermatogenschicht folgt in beiden Fällen einfach passiv dem Drucke des Innengewebes und macht das Wachstum mit. Sehr bald tritt im einen wie im andern Falle intercalares Wachstum ein, womit natürlich auch die Divergenz aufhört.

1) l. c.

2) cf. Warming, l. c.

Hiermit mögen die Untersuchungen der Blattanlagen abgeschlossen sein. Es fand sich, dass die Entstehung der Blätter aus dem Vegetationspunkt unter dem Einflusse der rechtwinkeligen Schneidung in allen Fällen gleichartig vor sich geht, sobald nur eine ganze Gruppe von Zellen dabei beteiligt war, und nicht etwa durch die Teilungen einer einzigen Scheitelzelle (wie bei Moosen oder Farnen) der Aufbau des ganzen Blattes zu stande kam.

Die schematische Figur 78, Taf. III ist vielleicht geeignet, die für uns wichtigen Punkte der Blattanlage und Entwickelung zusammenzufassen. Das Schema bezieht sich zunächst auf die Anlage der Blätter bei den untersuchten Gefässkryptogamen und Abietineen. Sämmtliche Blätter (a b c) gehen lediglich aus der Oberflächenschicht (p) hervor. In a ist eine junge Blattanlage dargestellt, die sich gerade über die Oberfläche des Vegetationspunktes erhebt. Eine Perikline (m) ist schon aufgetreten, und die so gebildeten jungen Zellreihen (e), durch Einschiebung sekundärer Antiklinen (l) zwischen die primären (k) weiter geteilt, beginnen, sich innerhalb des Blatthöckers, der rechtwinkeligen Schneidung gehorchend, divergent zu stellen, indem sie eine gegen den Ort des stärksten Zuwachses hin konvexe Kurve beschreiben. In den Anlagen b und c sind alle diese Verhältnisse weiter ausgebildet, und in c ist durch die Teilungsfolge bei x die Einleitung gemacht zu dem späteren durch Randzellen vermittelten Wachstum, welches sehr bald die Divergenz verschwinden lassen wird. — Denkt man sich den ganzen Vegetationskegel von einem einschichtigen, nur durch rechtwinkelig zur Oberfläche gestellte Wände sich teilenden, Dermatogen umhüllt, so kann das Schema ebensowohl auf die Angiospermen angewandt werden.

Am Schlusse angelangt, mögen kurz die Resultate der Arbeit zusammengefasst werden.

Bei den in ihrer späteren Entwickelung so durchaus verschiedenen Organen, den Nebenwurzeln und den Blättern, wurde in allen Fällen eine grosse Aehnlichkeit der Zellanordnung in den ersten Entwickelungsstadien nachgewiesen. Dieselbe spricht sich in der Anordnung der Längswände aus, welche überall die gleichen, gegen den Ort des stärksten Zuwachses konvexen K u r v e n beschreiben. Diese, als divergent bezeichnete Zellanordnung liess sich in allen Fällen unter dem Einfluss einer den jungen Organanlagen (allen?) eigentümlichen Wachstumsverteilung in einen kausalen Zusammenhang bringen mit dem von Sachs als allgemein giltig aufgestellten Principe der rechtwinkeligen Schneidung, und zwar zeigte es sich, dass die hinreichende und notwendige Bedingung für die Bildung dieser Kurven bei der oben definierten Wachstumsverteilung eben im Gesetze der rechtwinkeligen Schneidung besteht.

Ferner ergab sich, dass bei den Lycopodiaceen, Gymnospermen und Angiospermen die Nägeli'sche Scheitelzellwachstumstheorie keine Giltigkeit

besitzt, weder bei dem Vegetationspunkte des Stammes, noch bei der Anlage seitlicher Organe. Da nun die (so ausserordentlich bequeme) Hanstein'sche Meristemtheorie nach den zahlreichen, neuerdings aufgefundenen Abweichungen[1]) eine allgemeine Giltigkeit keineswegs beanspruchen kann, so bleibt nur die Sachs'sche Theorie als einzige Möglichkeit zurück. Dieselbe befindet sich mit allen bisher bekannten Thatsachen[2]) im Einklang und besitzt, von allgemeineren Gesichtspunkten ausgehend, den Vorzug, die gesammten Wachstumserscheinungen des Pflanzenreichs in sich aufzunehmen und auf ein allen Pflanzen gemeinsames Princip zurückzuführen.

Nachtrag.

Nach völliger Fertigstellung dieser Arbeit geht mir soeben eine neue Publikation Schwendener's zu: »Ueber Scheitelwachstum und Blattstellung.«[3]) Das für uns Charakteristische der Arbeit dürfte in dem Satze pg. 4 enthalten sein: »In diesem Punkte (Vorkommen von vier Scheitelzellen) sehe ich mich durch die Thatsachen noch weiter als früher von der Nägeli'schen Einheitsidee abgedrängt.« — Auf die Arbeiten Dingler's und Korschelt's wird mehrfach Bezug genommen, und es war mir besonders interessant, ein schon von anderer Seite[4]) laut gewordenes Bedenken gegen die Korschelt'sche Arbeit zu vernehmen, dem sich Schwendener ausdrücklich anschliesst, pg. 6: .... si ses coupes longitudinales, ... sont en réalité correctement conçues, ... Dagegen scheint Schwendener die Verwendung von Oberflächenansichten als Beweismaterial für das Vorhandensein oder Fehlen einer Scheitelzelle für nicht so ganz bedenklich zu halten; wenigstens gründet er seine Ausführungen hauptsächlich auf solche Oberflächenansichten.[5]) Es bleiben also meine Ausführungen darüber vollständig bestehen. Doch liefern die Fig. 1—5 eine sehr willkommene Vervollständigung zu meiner Taf. II, in die ich Oberflächenansichten der Cupressineen nicht aufgenommen habe. Es wird nämlich durch Fig. 1. 2. 4 das Vorhandensein mehrerer Initialen für Araucaria auf das Vollkommenste nachgewiesen; nach meinen obigen (cf. pg. 19) Ausführungen können sich dieselben natürlich nur als Scheitel-

1 Warming, Forgrenings forhold hos Fanerogamerne etc., französ. Résumé, pg. III ff. Kny, Sep.-Abdr. aus dem Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforsch. Freunde zu Berlin, 16. Juli 1878.

de Bary, Vergl. Anatomie pg. 9.

Göbel, Vergl. Entwickelungsgeschichte l. c. pg. 138.

2) Unter Berücksichtigung der Sachs'schen Ausführungen lc. pg. 193—196.

3 Sitzungsberichte der Kgl. Akademie der Wissenschaften. Berlin, 22. Oktbr. 1885.

4) John de Klercker, Sur l'anatomie et le développement de Ceratophyllum. Stockholm 1885. Die Arbeit wurde mir erst durch dies Citat bekannt.

5) l. c. Taf. XIV, Fig. 1—5, Oberflächenansichten von Araucaria excelsa Fig. 1—4 und Ephedra monostachya Fig. 5.

zellen für das Dermatogen und Periblem erweisen, da das Plerom ja völlig selbständig ist (cf. Fig. 45, Taf. II). Ebenso beweist die Fig. 5 Schwendener's auf das Bestimmteste das Fehlen einer Scheitelzelle für Ephedra monostachya (cf. Taf. II, Fig. 47. 48). Während uns die im übrigen behandelten Stellungsverhältnisse hier nicht weiter interessieren, ist es hervorzuheben, dass Schwendener (pg. 10) für Equisetum den Nachweis liefert, »dass eine gesetzmässige Beziehung zwischen den Segmenten und den Blattanlagen nicht vorhanden ist.« Dasselbe wurde von Treub für Selaginella Martensii nachgewiesen und von mir bestätigt, cf. oben pg. 13.

Erklärung der Figuren.

Die grossen lateinischen Buchstaben bedeuten das Objektiv, die kleinen arabischen Ziffern das Okular des benutzten Zeiss'schen Mikroskops.

Tafel I.

a. Mediane Längsschnitte durch Nebenwurzelanlagen.

Es bedeutet überall: p = perikambiale Zellreihen; e = Endodermis; ep = Epidermis; pl = Plerom; pb = Periblem; prk = Perikline; $i.d$ u. pb = gemeinsame Initialen des Dermatogens u. Periblems; $i.pl$ = Initialen des Pleroms. Weitere Erklärung im Text.

Fig. 1—6. *Zea Mays.* Vergrösserung Fig. 1: D_1; Fig. 1—6: D_2.

Fig. 7—9. Schemata für die Entwickelung der Nebenwurzeln von *Zea.* Erklärung im Text.

Fig. 10 u. 11. *Phragmites communis.* D_2.

Fig. 12 u. 13. *Heleocharis palustris.* Fig. 12: D_2; Fig. 13: E_2.

Fig. 14. *Heleocharis palustris.* Längssch. median durch eine Hauptwzl. geführt. D_2.

Fig. 15 u. 16. *Rumex Hydrolapathum.* D_2.

Fig. 17 nach Janczewski, *Cicer arietinum.*

b. Blattanlagen. Die Pfeile zeigen bei den Längsschnitten die Lage des Vegetationspunktes an.

Fig. 18—21. *Selaginella Martensii*, mediane Längsschnitte durch junge Blattanlagen verschiedenen Alters. E_2.

Fig. 22. *Lycopodium inundatum.* Oberflächenansicht des Vegetationskegels. *a b c d*, vier am Scheitel gelegene Zellen. E_2.

Fig. 23—25. Mediane Längssch. durch Blattanlagen von *Lycopodium clavatum.* E_2.

Tafel II.

Fig. 26. Mediane Lgssch. durch Blattanlagen, von *Lycopodium inundatum.* D_2.

Fig. 27 u. 28. Dieselbe Pflanze. Flächenschnitte durch junge Blattanlagen.

In sämmtlichen Fig. (8—28) bis auf Fig. 22 bedeuten die Buchstaben a—d je eine primäre Oberflächenzelle.

Fig. 29. Oberflächenansicht des Vegetationskegels von *Pinus Pinea. a b c d*, vier am Scheitel liegende Zellen. D_2.

Fig. 30—33. Dieselbe Pflanze, mediane Längsschnitte durch junge Blattanlagen verschiedenen Alters. D_2.

Fig. 34. Medianer Längsschnitt durch den Vegetationskegel von *Abies excelsa.* C_2. Bezeichnung wie oben.

Fig. 35. Oberflächenansicht des Vegetationskegels derselben Pflanze. D_2.

Fig. 36 u. 37. Mediane Längsschnitte durch junge Blattanlagen ders. Pflanze. D_2.

Fig. 38 u. 39. Dasselbe von *Pinus Douglasi*. D_2.

Fig. 40. Dasselbe von *Pinus Mughus*. D_2.

Fig. 41—48. Mediane Längsschnitte. Vergrösserung stets = D_2.

Bezeichnungen: d = Dermatogen; bl = Blatt(anlage), sonst wie früher od. im Text.

Fig. 41. *Cupressus funebris*. Vegetationskegel mit Blattanlagen.

Fig. 42. *Cupressus Lawsoniana*. Dasselbe.

Fig. 43. *Juniperus communis*. Dasselbe.

Fig. 44. *Taxodium distichum*. Dasselbe.

Fig. 45. *Araucaria brasiliana*. Dasselbe.

Fig. 46. Dasselbe, eine einzelne Blattanlage im Längsschnitt.

Fig. 47 u. 48. *Ephedra altissima*. Vegetationskegel mit Blattanlagen.

Fig. 49 u. 50. Mediane Längsschnitte durch junge Blattanlagen von *Elodea canadensis*. d = Dermatogen, m = Periblemzellen (Mesophyll). Vergrösserung: D_2.

Fig. 51—53. Optische Flächenschnitte durch junge Blattanlagen derselben Pflanze. Vergrösserung: D_2.

Fig. 54. Medianer Längsschnitt durch eine junge Achselknospe derselben Pflanze. $i\,pl$ = Initialen des Pleroms.

Fig. 55 u. 56. u. Taf. III, Fig. 57. Mediane Längsschnitte durch junge Blattanlagen von *Hippuris vulgaris*. Fig. 55: i_2 (Immersion). Fig. 56 u. 57; E_2.

Fig. 58—60. Dieselbe Pflanze. Flächenschnitte durch junge Blattanlagen. Fig. 58 u. 59: D_2; Fig. 60: E_2.

Fig. 61. Oberflächenansicht einer Seite des Vegetationskegels derselben Pflanze mit jungen Blattanlagen (bl). E_2.

Fig. 62—67. Anlage und Entwickelung von Blüten derselben Pflanze, mediane Längsschnitte. Fig. 62—64: E_2; Fig. 65 u. 66: D_2; Fig. 67: B_2.

Fig. 68. Gesammtbild des eingerollten Vegetationskegels von *Utricularia vulgaris*. h = Haare, sp = »Ranken«, bl = Blätter.

Fig. 69—71. Dieselbe Pflanze, Rankenanlagen im optischen Längsschnitt. I_2.

Fig. 72—76. Optische Flächenschnitte junger Blätter derselben Pflanze.

Fig. 72—75: I_2; Fig. 76: I_1.

Fig. 77. Optischer Querschnitt durch einen jungen Blattzipfel derselben Pflanze. I_2.

Fig. 78. Schema der Blatt-Entwickelung. Erklärung im Text.

Anmerkung: Die Fig. 54 der Taf. II und Fig. 68 der Tafel III nach Handzeichnungen des Herrn Prof. Dr. Göbel.

Rostock, November 1885.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

CURRICULUM VITAE.

Geboren wurde ich, George Henry Herrmann Karsten, am 3. Novbr. 1863 als Sohn des weiland Dr. jur. C. Karsten und seiner Ehefrau Helenita geb. Blohm in Rostock. Die Vorschule und später das Gymnasium meiner Vaterstadt besuchte ich von 1870—1882. Nachdem ich dasselbe im Herbst 1882 mit dem Zeugnis der Reife verlassen, bezog ich die Universität Strassburg bis zum Anfang des Sommersemesters 1884. Oktober 1882—1883 diente ich beim dortigen Ulanen-Regiment als Einjährig-Freiwilliger. Im Sommersemester 1884 war ich auf der Universität Zürich immatrikuliert; vom Wintersemester 1884—1885 an bezog ich die Universität Rostock, der ich noch jetzt als Studierender angehöre.

Meine Lehrer waren: In Strassburg Herr Prof. Kundt. In Zürich die Herren Prof. Dodel-Port, A. Meyer, und die Privatdocenten Kinkel und Abeljanz. In Rostock die Herren Prof. Göbel, Jacobsen und Krause.

Allen diesen meinen verehrten Lehrern, vor allem Herrn Prof. K. Göbel spreche ich an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus für alle Belehrung und Anregung, welche sie mir haben zu teil werden lassen.

Fig. 1.

Fig. 2.

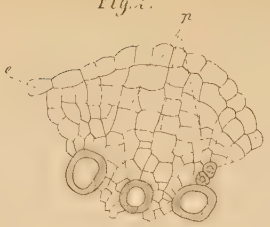


Fig. 3.

Fig. 7.

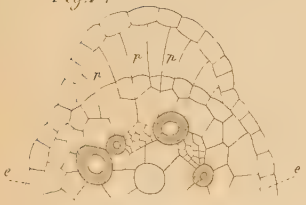


Fig. 8.

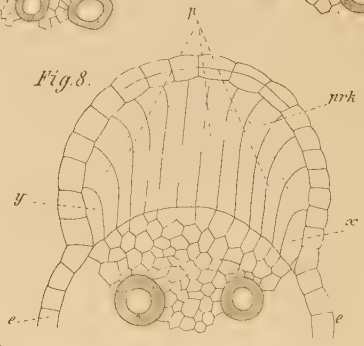


Fig. 10.

Fig. 9.

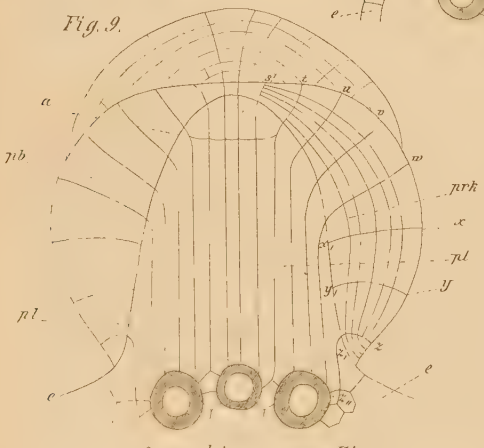


Fig. 11.

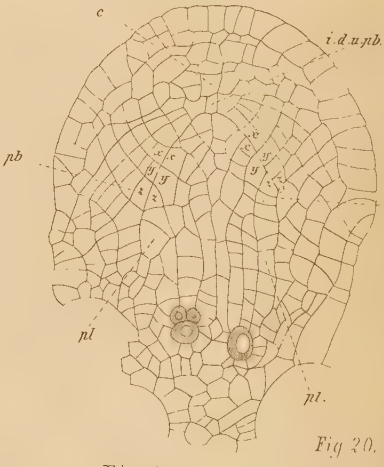


Fig. 17.

Fig. 18.

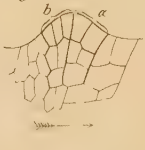


Fig. 19.

Fig. 20.

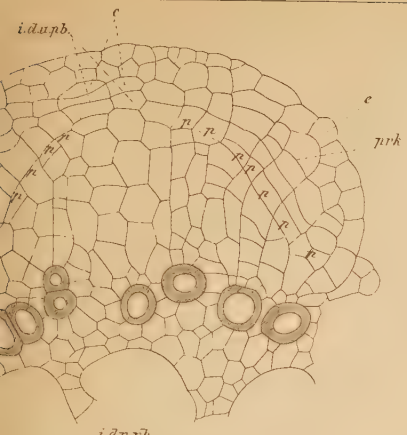
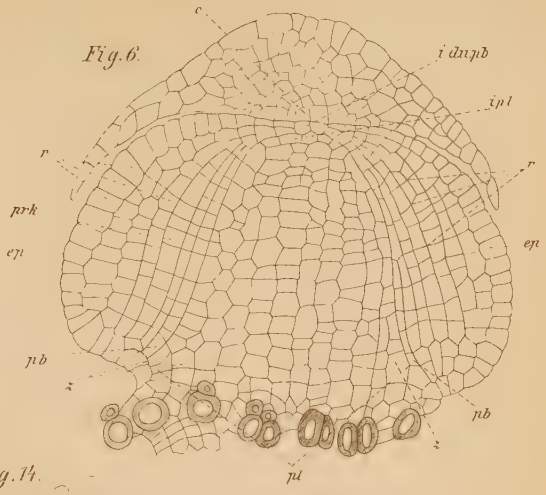


Fig. 6.



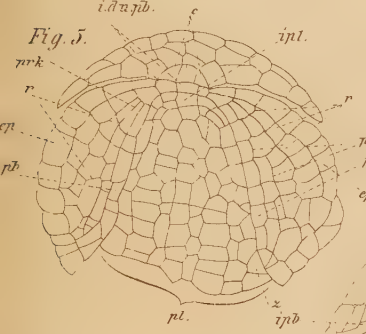


Fig. 5.

Fig. 14.

Fig. 15.

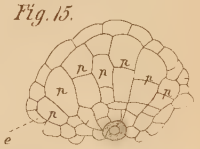


Fig. 13.

Fig. 16.

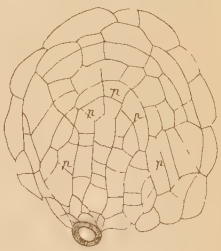


Fig. 22.

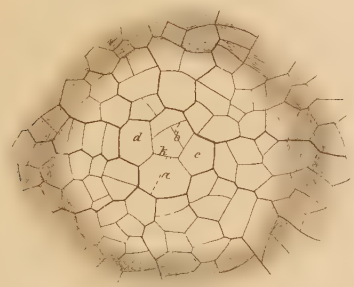


Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.

n, Leipzig.

Lith. Anst. v. J. C. Bach, Leipzig.

Fig. 26.
c
b
d
a
Fig. 27.
d
c
b
a
Fig. 28.
d
c
b
a
Fig.
Fig. 33.
t
x
w
v
u
y
Fig. 34.
t
i.pb.
d
i.pl.
t
pb
pl.
pl.
pb.
Fig. 40.
v
w
v
w
x
Fig. 41.
i.d.u.pb.
i.pb.
i.pl.
bl
bl
d
d
pb.
pl
Fig. 42.
i.pb
i.d.u.pb.
i.pl
bl.
pb
pl
pb
d
Fig. 45.
i.pl.
i.d.u.pb.
i.pb.
bl
d
pb
pb.
pl
Fig. 47.
i.d.u.pb.
prk
prk
i.pl.
d
d
pb
pb
pl.
Fig. 46.
d
Fig. 52.
d
d
d
d
d
d
d
m
m
m
Fig. 53.
d
d
d
d
d
d
m
m
m
Fig. 54.
x
m
i.pl.

Verlag v.V

Fig. 30.

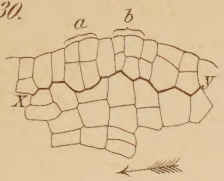


Fig. 31.

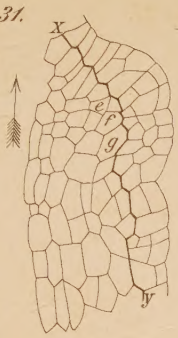
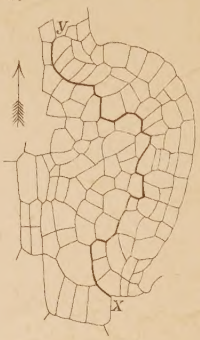


Fig. 32.



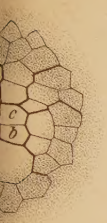


Fig. 36.

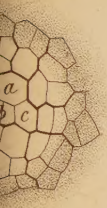


Fig. 37.

Fig. 38.

Fig. 39.

Fig. 43.

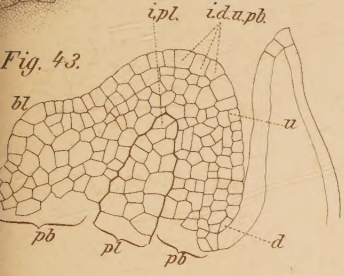


Fig. 44.

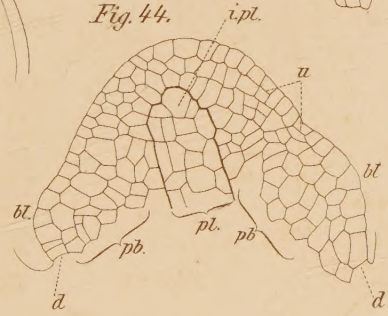


Fig. 48.

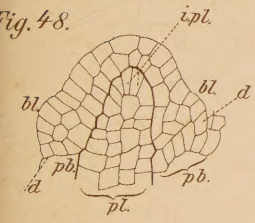


Fig. 51.

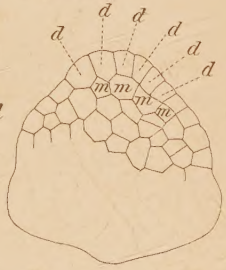
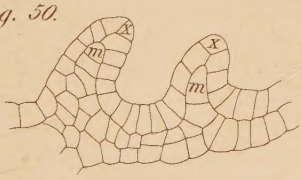
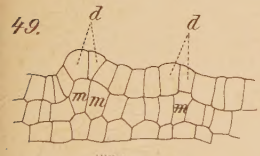


Fig. 50.



49.



55.

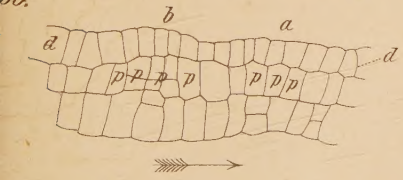
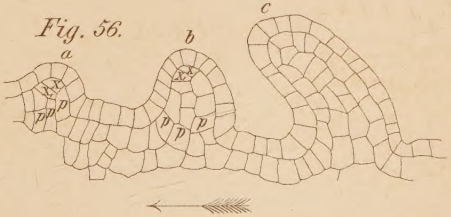


Fig. 56.



Lith. Anst v. J. G. Bach, Leipzig